ИЗЛОЖЕНІЕ
АСТРОНОМІИ.

Ж. ГЕРШЕЛЯ.

СЪ АНГЛІЙСКАГО ПЕРЕВЕЛЪ

П. Крузенштернъ.

Издано

УЧЕНЫМЪ КОМИТЕТОМЪ

МОРСКАГО МИНИСТЕРСТВА.



ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

Изъ Типографіи Императорской Академіи Наукъ.

1838.

ГЛАВА VII.

О Земномъ тяготѣніи. Законъ всеобщаго тяготѣнія. Пути видимый и истинный движущихся въ пространствѣ тѣлъ. Луна удерживается въ ея орбитѣ тяготѣніемъ. Законъ его уменьшенія. Законъ эллиптическаго движенія. Орбита земли вкругъ солнца, согласная съ этими законами. Сравненіе массы солнца съ массою земли. Плотность солнца. Сила тяготѣнія на его поверхности. Пертурбаціонное дѣйствіе солнца на движеніе луны.

(369) Итакъ мы познакомились съ главными явленіями движенія земли по ея орбитѣ вокругъ солнца, и луны вокругъ земли. Теперь слѣдуетъ намъ говорить о физической причинѣ, поддерживающей эти движенія, и заставляющей эти огромныя тѣла безпрерывно уклоняться отъ прямаго ихъ направленія, которому они

должны слѣдовать по первому закону движенія, и—они сыжать въ пути своемъ кривыя линіи, которыхъ впадость обращена къ ихъ центральному тѣлу.

(370) Не смотря на всѣ старанія, сдѣланныя Метафизиками, превратить прямой смыслъ понятія о связи, которая находится между причиною и дѣйствіемъ, и изъяснить эту связь весьма темнымъ понятіемъ *привычнаго слѣдованія*, мы должны согласиться, что понятіе о существующей дѣйствительно и тѣснѣйшей связи между причиною и дѣйствіемъ, столько же сильно впечатлѣно въ человѣческомъ разумѣ, какъ и то, что есть внѣ насъ міръ, въ существованіи котораго никто не сомнѣвается, хотя (вещь чрезвычайно странная!) ученые смотрѣли какъ на чрезвычайно важный успѣхъ въ области Метафизики, когда могли устранить нелѣпое сомнѣніе въ дѣйствительности существованія внѣшняго міра. Не другое что, какъ именно внутреннее сознаніе, получаемое нами о силѣ или какъ бы о нашей властности приводить тѣла въ движеніе или противудѣйствовать постороннимъ силамъ, именно—это сознаніе проникаетъ насъ идеею *о силѣ* или *причинности* въ томъ смыслѣ, какъ она относится къ матеріяльному міру, и заставляетъ насъ вѣрить, что когда мы видимъ матеріяльные предметы приведенными изъ состоянія покоя въ движеніе, или уклоняющимися отъ прямолинейнаго своего пути, или перемѣняющими скорость своего движенія, то это происходитъ въ слѣдствіе дѣйствія какойнибудь внѣшней силы, посторонняго какогонибудь дѣйствія, хотя бы мы и совершенно не

знали, откуда оно происходитъ. Какимъ образомъ такое дѣйствіе можетъ быть произведено въ пространствѣ: это столько же не трудно понять, какъ и то, какимъ образомъ наша рука можетъ сообщить движеніе камню, для котораго она, очевидно, есть предметъ совершенно посторонній.

(371) Всѣ извѣстныя намъ тѣла, когда подниемъ ихъ на воздухъ и предоставимъ ихъ самимъ себѣ, падаютъ перпендикулярно къ поверхности земли. По этому они влекутся къ ней нѣкоторою силою, извѣстною подъ именемъ *тяжести* или *тяготѣнія*. Она стремится всегда, какъ показываетъ постоянный опытъ, къ центру земли; или, если говорить точнѣе и имѣть въ виду эллиптичество земли, направленіе этой силы перпендикулярно къ поверхности тихой воды. Но когда бросимъ тѣло косвенно, тогда стремленіе силы хоть и не уничтожится, но значительно измѣнится въ своихъ опредѣлительныхъ дѣйствіяхъ. Въ самомъ дѣлѣ, направленіе отъ низу въ верхъ, данное камню, послѣ нѣкотораго времени уничтожается само собою, — и тутъ является другое направленіе отъ верху въ низъ, приводящее тѣло къ той поверхности, гдѣ оно должно оставаться; а въ продолженіе этого времени косвеннаго его паденія или уклоненія отъ прямолинейнаго пути, оно описываетъ кривую линію, впалую къ земному центру, имѣя возвышеннѣйшую точку, или апогей, который точно, какъ апогей лунной орбиты, соотвѣтствуетъ мгновенію, гдѣ направленіе ея движенія бываетъ перпендикулярно къ радіусу, проведенному отъ центра земли.

(372) Когда камень, брошенный косвенно въ верхъ, остановится въ своемъ низпаденiи поверхностью земли; тогда движенiе его не направлено къ центру, но наклонено къ земному радiусу, подъ тѣмъ же угломъ, подъ какимъ онъ брошенъ изъ нашихъ рукъ. Впрочемъ мы увѣрены, что если бы онъ не былъ остановленъ землею, то продолжалъ бы опускаться косвенно; по этому можно сказать, что мы не имѣемъ права думать, что онъ когда нибудь достигнетъ центра земли, къ которому его движенiе никогда не было направлено во всей видимой части его паденiя: легче положить, что камень будетъ вращаться вкругъ этого центра подобно тому, какъ луна обращается вокругъ земли, возращаясь къ точкѣ своего отшествiя, послѣ того какъ совершитъ эллиптическую орбиту, въ которой центръ земли занималъ бы самый нижнiй фокусъ. И если это такъ, то не основательнѣе ли предположить, что та же сила тяготѣнiя, обнаруживающаяся безъ замѣтнаго уменьшенiя на всѣхъ возможныхъ высотахъ земной поверхности, простирается на разстоянiе 60 земныхъ радiусовъ или на разстоянiе до луны? — И послѣ этого нельзя ли заключить, что тяготѣнiе есть та самая сила (потому что какаянибудь должна же быть), которая отклоняетъ луну безпрерывно отъ касательной къ ея орбитѣ и держитъ ее на эллиптичекомъ пути, какъ мы это находимъ по вычисленiямъ?

(373) Когда камень станемъ вращать кругомъ на веревкѣ, то онъ вытянетъ ее центробѣжною силою, которая возрастаетъ всегда соразмѣрно скорости вращенiя и можетъ возрасти до того, что разорветъ веревку и камень упадетъ. Какъ бы крѣпка ни была ве-

ревка, но надлежащею вращательною скоростью камня можно довести ее до крайней тугости; и если мы знаемъ тяжесть, какую она поднять можетъ, то скорость вращенія также легко вычислить. Вообразимъ, что какое нибудь тяжелое тѣло, лежащее на земной поверхности, соединено съ центромъ земли такою веревкою, которой крѣпость только что можетъ удержать эту тяжесть. Допустимъ еще на нѣкоторое время, что тяготѣніе не существуетъ и что тяжесть вращается именно съ такою силою, которая производитъ крайнюю степень напряженія въ веревкѣ: тогда это напряженіе точно будетъ равно тяжести вращающагося тѣла; понятно, что тогда какая нибудь сила, постоянно влекущая тѣло къ центру земли съ силою равною тяжести тѣла, можетъ замѣнить дѣйствіе веревки. Отнимемъ же веревку; пусть вмѣсто ея дѣйствуетъ тяготѣніе: тогда тѣло будетъ вращаться какъ и прежде; стремленіе его къ центру или тяжесть будетъ именно противу дѣйствуемо центробѣжною ея силою. Зная радіусъ земли, мы можемъ вычислить періодическое время, въ которомъ такое тѣло должно совершить цѣлый оборотъ, чтобы остаться въ равновѣсіи: это время составитъ 1 ч. 23 м. 22 с.

374) Если мы сдѣлаемъ подобное вычисленіе для тѣла на лунѣ, предполагая силу тяготѣнія туже самую, которая существуетъ и на землѣ; то искомый періодъ будетъ 10ч. 45м. 30.с Однако дѣйствительный періодъ обращенія луны есть 27дн. 7ч. 43м; отсюда слѣдуетъ, что скорость луны въ ея орбитѣ (которую мы теперь принимаемъ за круглую, оставляя безъ вниманія

незначительное ея эллиптичество) не достаточна къ тому, чтобы противодѣйствовать силѣ въ томъ напряженіи, какъ мы предполагаемъ. Чтобы тѣло на разстояніи луны (или самая луна) была въ состояніи сохранить свое мѣсто въ разсужденіи земли внѣшнимъ содѣйствіемъ центробѣжной силы: должно предположить, чтобы тяготѣніе уменьшилось отъ разстоянія, столько, чтобы оно въ 3600 разъ меньше имѣло силы, чѣмъ на поверхности земли; или, все равно, допустить, что сила тяготѣнія въ такомъ дальнемъ разстояніи, въ какомъ находится луна, произведетъ надъ тѣломъ скорость въ 3600 разъ меньше той, которую она должна сообщить такому же тѣлу, находящемуся на поверхности земли.

(375) Разстояніе центра луны отъ центра земли не многимъ меньше взятаго 60 разъ разстоянія отъ центра земли до ея поверхности, и 3600 : 1 :: 60^2 : 1^2. И такъ ежели тяготѣніе есть точно сила, которая держитъ луну въ ея орбитѣ, то должно допустить, что она ослаблена разстояніемъ въ содержаніи (покрайней мѣрѣ въ этомъ случаѣ) квадратовъ разстояній. Такое уменьшеніе дѣйствія силы отъ увеличенія разстоянія не представляетъ ничего невозможнаго съ перваго взгляда. Центральныя изліянія свѣта и теплоты въ самомъ дѣлѣ уменьшаются вмѣстѣ съ разстояніемъ въ тойже самой пропорціи; и хотя мы не можемъ доказать совершенно очевиднымъ образомъ этой аналогіи: то видимъ, что сила магнетическаго и электрическаго притяженія и отталкиванія ослабляется разстояніемъ, хотя гораздо быстрѣе, чѣмъ въ простомъ содержаніи

увеличенныхъ растояній. По этому вся наша мысль будетъ заключаться въ слѣдующемъ: съ одной стороны, тяготѣніе есть существенная сила; въ ея дѣйствіи удостовѣряетъ насъ ежедневный опытъ; мы знаемъ, что она простирается до самыхъ высочайшихъ, доступныхъ для насъ высотъ и гораздо далѣе; и мы не имѣемъ причины утверждать, чтобы она на какой либо опредѣленной высотѣ перестала совершенно дѣйствовать; хотя по аналогіи мы заключаемъ, что дѣйствіе ея, енергія быстро уменьшается въ большихъ высотахъ и разстояніяхъ надъ поверхностію земли, какъ напр. на разстояніи луны, — но мы увѣрены, что луна влечется къ землѣ какого-то силою, которая удерживаетъ ее въ орбитѣ, и что величина этой силы соотвѣтствуетъ величинѣ тяготѣнія, уменьшеннаго въ содержаніи (впрочемъ очень вѣроятномъ) квадратовъ разстояній. Ежели эта сила не есть тяготѣніе, то должно существовать что нибудь другое; и кромѣ того, это тяготѣніе должно прекратиться на высотѣ меньшей разстоянія отъ насъ до луны; или природа луны, должна быть отлична отъ всѣхъ вѣсомыхъ веществъ: въ противномъ же случаѣ, двѣ силы вдругъ устремляли бы луну къ землѣ и сумма ихъ не была бы уравновѣшиваема силою центробѣжною.

376) Вотъ, почти точь — въ точь тіа главная мысль, на которой Невтонъ первоначально основалъ свой законъ тяготѣнія, который выражается слѣдующимъ образомъ: всѣ тѣла во вселенной притягиваются взаимно съ такою силою, которая находится въ прямомъ содержаніи массъ ихъ и въ обратномъ содер-

жанія квадратовъ растояній между ними. Однако въ такомъ отвлеченномъ и общемъ видѣ это предложеніе нельзя приложить къ нашему случаю. Земля и луна не суть частицы, но огромныя сферическія тѣла; чтобы приложить къ нимъ предъидущій законъ: надобно предварительно знать, какая потребна сила на то, чтобы собраніе частицъ, образующее твердую массу извѣстной формы, могло притянуть другое подобное же собраніе матеріальныхъ частицъ. Такая задача относится къ Динамикѣ и въ общности своего выраженія чрезвычайно трудна. Но въ этомъ случаѣ весьма хорошо то, что когда два тѣла притягиваемое и притягивающее суть сферы, рѣшеніе его бываетъ прямо и удобно. Невтонъ самъ показалъ (Princip. propos. 75), что въ этомъ случаѣ притяженіе совершенно тоже, какъ еслибы всѣ частицы каждой сферы были соединены въ ея центрѣ, такъ что обѣ сферы были не что иное, какъ простыя частицы; значитъ, выраженіе общаго закона можетъ быть приложено буквально къ настоящему случаю. Уклоненіе земли отъ сферической формы не такъ значительно, чтобы могло тому рѣшительно препятствовать; впрочемъ оно имѣетъ нѣкоторыя ощутительныя дѣйствія, и мы объ этомъ послѣ упомянемъ.

(377) Шагъ, который сдѣланъ уже съ теченіемъ времени въ ученія Невтона, состоитъ въ томъ, чтобы распространить первоначальный смыслъ закона тяготѣнія, заключившій всѣ выводы въ тѣсные предѣлы поверхностнаго приложенія этого закона къ лунной орбитѣ, единственно какъ къ кругу, описываемому единообразно со среднею лунною скоростію: надобно было дать этому закону видъ всеобщаго и кореннаго выраженія, и пока-

запъ, что онъ изъясняетъ со всею подробностію обстоятельства событія, которое существуетъ въ природѣ. Здѣсь должно доказать, какъ и Невтонъ это доказалъ (Princip I, 17. 75 *), что когда два сферическія тѣла будутъ находиться подъ вліяніемъ притягательной силы такого рода, то каждое изъ нихъ описываетъ во кругъ другаго, принимаемаго за неподвижное, и оба они описываютъ вокругъ своего общаго центра тяжести, впалыя кривыя, непремѣнно относящіяся къ формѣ тѣхъ кривыхъ, которыя Геометры означаютъ общимъ названіемъ коническихъ сѣченій. Въ каждомъ изъ этихъ случаевъ будетъ зависѣть отъ особенныхъ обстоятельствъ: какая изъ кривыхъ будетъ описана т. е. эллипсъ, кругъ, парабола или иперболa; но которою нибудь изъ нихъ она должна быть, смотря по обстоятельствамъ, и во всякомъ случаѣ центры каждой сферы и общій центръ ихъ тяжести займутъ непремѣнно фокусъ описанныхъ коническихъ сѣченій. Невтонъ дальше говоритъ (Princip I, 1), что въ томъ и другомъ случаѣ угловая скорость, съ которою движется линія соединяющая ихъ центры, должна быть въ обратномъ содержаніи квадратовъ ихъ взаимнаго разстоянія, и описанныя этою линіею пространства будутъ пропорціональны ихъ временамъ.

(*) Мы считаемъ обязанностію своею дѣлать указанія на всѣ основныя предложенія въ этомъ безсмертномъ твореніи, въ которомъ они первоначально были изложены. Въ такомъ сочиненіи, каково наше, мы не можемъ входить въ подробное разсмотрѣніе этой теоріи. Впрочемъ въ слѣдующей главѣ мы дадимъ общее понятіе о связи предложеній.

(378) Все это совершенно согласно съ тѣмъ, что намъ извѣстно о движенiи солнца и луны. Орбиты ихъ — эллипсы, но съ различною степенью эксцентренности; и это обстоятельство уже показываетъ общую примѣнимость законовъ, о которыхъ мы говорили.

(379) Но здѣсь, какъ это обыкновенно случается въ генерализацiи идей, мы непримѣтнымъ образомъ сдѣлали новый, весьма важный шагъ. Мы разпространили дѣйствiе тяготѣнiя на землю и солнце, т. е. на разстоянiя несравненно большiя въ сравненiи съ луннымъ разстоянiемъ, и на такое тѣло, которое, по видимому, имѣетъ совершенно другую природу. Въ правѣ ли мы это сдѣлать? Измѣненiе въ результатахъ не заставитъ ли насъ измѣнить что нибудь, если не въ общемъ выраженiи, то по крайней мѣрѣ въ частномъ изтолкованiи закона тяготѣнiя? Какъ скоро мы обращаемся къ числамъ: насъ поражаетъ великая несообразность. Ежели мы по извѣстному разстоянiю солнца (статья 304) и по перiоду вращенiя земли около солнца (статья 327), вычислимъ центробѣжную силу земли, противодѣйствующую притяженiю солнца и дающую ей точную мѣру: тогда найдемъ, что она несравненно больше той, которая требуется для противудѣйствiя земному притяженiю со стороны тѣла въ такомъ же точно разстоянiи, — больше въ чрезвычайномъ содержанiи 354936 къ 1. По этому очевидно, что если земля удерживается въ ея орбитѣ солнечнымъ притяженiемъ, уменьшенiе котораго согласно съ общимъ закономъ тяготѣнiя; тогда сила эта должна быть во 354936 болѣе той, которую земля можетъ оказывать при всѣхъ впрочемъ

равныхъ обстоятельствахъ на такомъ же точно разстояніи.

(380) Но что же это значитъ? то, что одно солнце имѣетъ въ себѣ столько же притягательной силы, сколько имѣли бы этой силы на его мѣстѣ 354936 соединенныхъ земель; или, другими словами, что солнце содержитъ въ себѣ въ 354936 разъ больше массы или самой матеріи противу земли. Чтобы этому неслишкомъ удивляться: намъ нужно только припомнить, что уже было сказано въ статьѣ 305 объ огромныхъ размѣреніяхъ этого величественнаго свѣтила; тогда мы поймемъ, что приписывая ему такую огромную массу, мы не говоримъ ничего преувеличеннаго. Дѣйствительно, когда мы сравнимъ его *массу* съ его *объемомъ*: тогда найдемъ, что его плотность (*) меньше плотности земли въ содержаніи 0,2534 къ 1. По этому должно быть, чтобы вещества его составляющія по своей природѣ были столько же легки, сколько центральныя части должны быть сжаты силою необычайнаго давленія. Теперь становится для насъ чрезвычайно вѣроятнымъ, что въ центрѣ его царствуетъ сильнѣйшій жаръ, которымъ эластичество матеріи до того увеличивается, что оно въ состояніи противудѣйствовать необыкновенному давленію, безъ разрыва на меньтія части.

(*) Плотность матеріальнаго тѣла всегда бываетъ въ прямомъ содержаніи массы, а въ обратномъ содержаніи объема. И потому, плотность солнца: плотности земли :: $\frac{354236}{384472}$: 1 : 1,2343 : 1.

(381) Мы лучше поймемъ это, ежели взвѣсимъ, сколько для насъ возможно въ настоящемъ положеніи, силу тяготѣнія на солнечной поверхности.

Притяженіе сферическаго тѣла, если представимъ себѣ его въ такомъ положеніи (статья 376), что вся масса соединена въ его центрѣ, — будетъ дѣйствовать въ прямомъ содержаніи массы и въ обратномъ содержаніи квадрата разстоянія отъ центра. Принявъ за разстоянія, на которыхъ тяготѣніе дѣйствуетъ, самые радіусы сферъ земли и солнца, мы находимъ (*), что дѣйствія солнечнаго и земнаго тяготѣнія на поверхностяхъ обоихъ шаровъ находятся въ содержаніи 27,9 къ 1. Одинъ фунтъ земнаго вещества произведетъ на солнечной поверхности то же, что 27, 9 такимъ фунтовъ произвели бы на землѣ. Человѣкъ, напримѣръ, не только не могъ бы поддержать свою тяжесть на солнцѣ, но рѣшительно былъ бы раздробленъ на частицы подъ собственною тяжестью. (**).

(382) Впередъ намъ надобно оставить мысль о неподвижности земли и перенести это понятіе къ солнцу: чрезвычайная величина его можетъ уничтожить слабыя притяженія столь малыхъ сравнительно съ нимъ атомовъ, каковы земля и луна, такъ что въ нихъ не произойдетъ никакой примѣтной перемѣны. Центръ ихъ тяготѣнія, какъ мы уже говорили, лежитъ весьма

(*) Солнечн: тягот: : земному : : $\frac{354936}{(440.000)}$ 2 : $\frac{1}{(4000)}$ 2 : : 27, 9: 1; ибо радіусъ солнца и земли около 440.000 и 4000 миль.

(**) Масса тяжестью во 170 на землѣ произведетъ давленіе въ 4600 на солнцѣ.

близко къ центру солнечнаго шара, почти на непримѣтное отъ него разстояніе; и хотя бы мы представили себѣ, что земля описываетъ свою орбиту около того или другаго центра, но въ астрономическихъ явленіяхъ не будетъ никакой разности.

(383) Не по другой какой нибудь причинѣ, какъ именно отъ притяженія всѣхъ матеріяльныхъ тѣлъ, согласно Невтонову закону,—бываетъ, что земля и луна, вращаясь ежемѣсячно около общаго ихъ центра тяготѣнія, продолжаютъ это общее движеніе въ большой годовой орбитѣ вокругъ солнца. Мы можемъ изъяснить себѣ это движеніе, если соединимъ два неровные шара палкою и станемъ вертѣть ее, привязавъ къ длинной веревкѣ, на самомъ центрѣ тяжести шаровъ. И палка и шары будутъ вертѣться какъ одно тѣло, около одного неподвижнаго центра, гдѣ привязана веревка, и въ то же время шары могутъ вертѣться одинъ около другаго, какъ будьто бы палка не была привязана, а просто брошена на воздухъ. Если бы одна земля, безъ луны, притягивалась къ солнцу, то она оставила бы луну далеко за собой; но какъ солнце дѣйствуетъ и на землю и на луну, то онѣ продолжаютъ путь свой подъ вліяніемъ его тяготѣнія, точно такъ же какъ свободныя тѣла на земной поверхности движутся, не отдѣляясь отъ ней. По этому, ежели будемъ говорить строго, то не земля и не луна, но общій центръ ихъ тяготѣнія описываетъ эллипсъ вокругъ солнца. И вотъ причина очень не значительной, но примѣтной, въ видимомъ движеніи солнца, замѣчаемой съ земли мѣсячной неровности, ко-

торую всегда должно брать во вниманіе при вычисленіи мѣста солнца.

(384) Въ притяженіи солнца заключается причина всѣхъ тѣхъ разностей или уклоненій отъ эллиптическаго движенія луны въ ея мѣсячной орбитѣ, о которыхъ уже было сказано (статья 344. 360), и именно—причина отступательнаго вращенія ея узловъ, прямаго вращенія большой оси ея эллипса, и всѣхъ другихъ уклоненій отъ закона эллиптическаго движенія и проч. Если бы луна просто вращалась вкругъ земли, притягиваясь только ею одною; то не случилось бы ни одно изъ этихъ явленій. Орбита ея была бы точный эллипсъ, который находился бы всегда въ одной плоскости. И такъ какъ движеніе луны отъ этого совершенно отлично, то слѣдуетъ, что должна быть какая нибудь причина, которая нарушаетъ ея движеніе и находится въ связи съ земнымъ тяготѣніемъ; этою причиною не что иное можетъ быть, какъ солнечное притяженіе, или та часть его, которая дѣйствуетъ на землю не *равномѣрно*.

(385) Положимъ, что два камня, находящіеся вмѣстѣ, будутъ брошены съ высоты внизъ: какъ тяготѣніе, дѣйствуетъ на нихъ одинаково, то они упадутъ внизъ вмѣстѣ, составляя какъ бы одну массу. Но положимъ, что тяготѣніе дѣйствуетъ сильнѣе на одинъ камень, чѣмъ на другой: тогда первый скорѣе повлечется въ своемъ паденіи, а другой мало по малу отъ него отстанетъ; и такимъ образомъ отъ разности этого дѣйствія произойдетъ относительное движеніе, хотя и очень еще слабое.

(386) Солнце въ 400 разъ дальше отъ насъ луны; слѣдственно, когда луна описываетъ мѣсячную свою орбиту вкругъ земли, то разстояніе ея отъ солнца попеременно $\frac{1}{60}$ дальше и ближе растоянія земли отъ того же свѣтила. Какъ ни мала эта величина: все таки она производитъ примѣтное излишество или недостатокъ въ притягательномъ стремленіи луны къ солнцу передъ земнымъ, смотря потому, будетъ ли она въ точкѣ M своей орбиты, ближайшей къ солнцу, или въ противуположной точкѣ N. Въ промежуточныхъ положеніяхъ не только будетъ различіе въ силѣ притяженія, но и различіе въ направленіи; потому что малѣйшая орбита MN не есть точка и линіи проведенныя отъ различныхъ ея точекъ къ солнцу, не могутъ быть строго параллельными. Ежели бы, какъ мы уже видѣли, сила солнца дѣйствовала съ равнымъ напряженіемъ и по параллельнымъ направленіямъ и на луну и на землю: тогда подобной пертубраціи не могло бы случиться; но этихъ условій не существуетъ и отъ того происходитъ пертубраціонная сила, косвенною линіею соединяющая луну съ землею: она въ иныхъ случаяхъ дѣйствуетъ поступательно впередъ, въ другихъ отступательно, въ эллиптическомъ движеніи; иногда отклоняетъ землю отъ луны, а иногда привлекаетъ. Хотя плоскость орбиты луны весьма сходна съ плоскостью эклиптики: при всемъ томъ несовершенно съ нею совмѣщается; и притяженіе солнца, дѣйствующее почти параллельно къ плоскости эклиптики, стремится отклонить луну отъ плоскости ея орбиты, производя такимъ образомъ вращеніе ея узловъ и другія менѣе важныя

явленія. Мы еще не можемъ теперь войти въ теорію этихъ *пертубрацій*, какъ ихъ называютъ; но мы поставляемъ ихъ теперь на видъ читателю, чтобы устранить сомнѣнія на счетъ правильности умозаключенія, по которому мы вывели законъ тяготѣнія изъ общаго разсмотрѣнія движеній луны, не обративъ предварительно вниманія на неровности, происходящія отъ этихъ пертубрацій.

ГЛАВА VIII.

О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМѢ.

Видимое движение планетъ. Ихъ мѣстныя положения и отставания. Солнце есть естественный центръ ихъ движений. Второстепенныя планеты. Ихъ фазисы, периоды и проч. Величина и видъ ихъ орбитъ. Прохождение по солнцу. Первостепенныя планеты. Разстояния ихъ, периоды и проч. Изъяснение Кеплерова закона. Эллиптическия элементы планетной орбиты. Гелиоцентрическия и геоцентрическия ихъ мѣста. Законъ Боде о разстонияхъ планетъ. Четыре внѣзодиакальныя планеты. Физическия особенности, замѣчаемыя въ каждой планетѣ.

387) Не одни солнце и луна относятся къ тѣмъ небеснымъ тѣламъ, которыя движутся независимо отъ великаго небеснаго созвѣздия, вращающагося вкругъ земли. Есть звѣзды особенно яркия и особенно примѣтныя: если ихъ наблюдать со вниманиемъ нѣсколько ночей сряду, то можно замѣтить, что онѣ примѣтно перемѣняютъ свои мѣста въ сравнении съ остальными, — однѣ скорѣе, другия медленнѣе. Онѣ называются планетами.

Четыре изъ нихъ: Венера, Марсъ, Юпитеръ, и Сатурнъ, особенно велики и ярки. Планету Меркурій также можно видѣть простымъ глазомъ, хотя и весьма рѣдко; а почему—мы послѣ объ этомъ скажемъ. Шестой планеты Урана безъ телескопа почти нельзя видѣть; еще четырехъ — Цереры, Паллады, Весты и Юноны, простой глазъ никогда не видитъ. Кромѣ этихъ десяти, могутъ существовать еще другія планеты и весьма вѣроятно, что онѣ дѣйствительно существуютъ. Число телескопныхъ звѣздъ такъ огромно, что только незначительная часть ихъ была достаточна наблюдаема: такъ что мы не въ состояніи опредѣлить, перемѣняютъ ли онѣ свои мѣста или нѣтъ; пять изъ этихъ послѣднихъ планетъ были открыты неранѣе, какъ за пол-столѣтія назадъ.

388) Видимыя движенія планетъ гораздо неправильнѣе движеній солнца и луны. Если говорить вообще и сравнить ихъ мѣста, которыя занимаютъ онѣ въ большіе промежутки времени; то всѣ онѣ подвигаются впередъ, хотя съ различными скоростями, по тому же направленію, какъ солнце и луна, т. е. противно видимому суточному движенію, отъ Запада къ Востоку; всѣ онѣ совершаютъ полной оборотъ около неба, хотя при весьма различныхъ обстоятельствахъ; и всѣ онѣ, кромѣ четырехъ телескопическихъ планетъ: Цереры, Паллады, Юноны и Весты (которыя по этому могутъ назваться внѣ — зодіакальными планетами), имѣютъ свои пути въ весьма ограниченныхъ предѣлахъ по ту и другую сторону эклиптики и совершаютъ свои дви-

женія въ томъ поясѣ, который называется Зодіакомъ (статья 254).

389) Необходимое слѣдствіе сего есть то, что какой бы ни былъ законъ и свойство ихъ движеній, но всѣ эти движенія происходятъ почти въ плоскости эклиптики; той плоскости, въ которой совершается собственное наше движеніе около солнца. Отсюда слѣдуетъ, что мы видимъ ихъ вращенія, не на планѣ, но въ разрѣзѣ; ихъ дѣйствительныя, угловыя движенія и линейныя разстоянія, всѣ укорочены и смѣшаны, между тѣмъ какъ ихъ уклоненія отъ эклиптики являются въ естественной величинѣ, безъ уменьшенія дѣйствіемъ перспективы.

390) Видимыя движенія солнца и луны хотя не равномѣрны, но и немного уклоняются отъ равномѣрности; только нѣкоторое упрежденіе и отставаніе, происходящее отъ эллиптичества ихъ орбитъ, здѣсь можно замѣтить. Но съ планетами случается совсѣмъ другое: иногда онѣ движутся впередъ чрезвычайно быстро; потомъ умѣряютъ свою скорость, даже какъ бы останавливаются, перемѣняютъ свое направленіе и движутся обратно по прежнему направленію, со скоростью, сначала увеличивающеюся, потомъ уменьшающеюся, пока наконецъ обратное или отступательное движеніе совершенно прекращается. Тутъ они снова какъ бы останавливаются; послѣ чего движеніе перемѣняется и принимаетъ первоначальной свой видъ. Но вообще величина прямаго движенія впередъ больше отступательнаго и излишествомъ перваго надъ послѣднимъ, совер-

шается постепенное движеніе планеты отъ Запада къ Востоку. Ежели вообразить себѣ Зодіакъ развернутымъ въ одну плоскость, или представленнымъ по меркаторской проекціи (статья 234), такъ чтобы эклиптика EC взята была за основную линію: то путь планеты, обозначенный ежедневными наблюденіями, представитъ на картѣ видъ PQRS (фиг. 53) и проч.; движеніе отъ P до Q будетъ прямое; въ Q остановка; отъ Q до R отступательное; въ R опять остановка; отъ R до S прямое и т. д.

391) Несмотря на всѣ эти неравномѣрности и колебательности движенія, нельзя не замѣтить въ немъ удивительнаго единообразія. Когда планета пересѣкаетъ эклиптику, какъ изображено въ N; то говорятъ (какъ и объ лунѣ), что она находится въ узлѣ; и такъ какъ земля необходимо лежитъ въ плоскости эклиптики: то планета не можетъ видимо или уранографически находиться въ этомъ небесномъ кругѣ, не находясь дѣйствительно въ плоскости эклиптики. Видимое прохожденіе планеты по узлу есть то явленіе, которое указываетъ истинное ея движеніе, совершенно независимо отъ мѣста нашего наблюденія. Легко можно опредѣлить наблюденіями, когда планета проходитъ отъ сѣверной стороны эклиптики къ южной: надобно только обратить прямое восхожденіе и склоненіе въ долготу и широту; и перемѣна отъ сѣверной къ южной широтѣ въ два послѣдовательные дня покажетъ, когда это прохожденіе случилось; простая пропорція, основанная на движеніи ея по широтѣ въ этотъ промежутокъ времени, опредѣлитъ съ точностію часъ и минуту при-

хода ея на эклиптику. Когда это повторяется при нѣсколькихъ прохожденіяхъ отъ одной стороны къ другой и время замѣчается вѣрно, то мы находимъ, что промежутокъ между двумя послѣдовательными прохожденіями каждой планеты чрезъ тотъ же узелъ (все равно, восходящій или нисходящій) всегда равенъ, хотя бы планета въ моментъ своего прохожденія имѣла движеніе прямое или отступательное, скорое или медленное.

392) Это обстоятельство, показывающее намъ, что движенія планетъ подчинены нѣкоторымъ законамъ и совершаются въ опредѣленные періоды времени, — естественно ведетъ насъ къ заключенію, что видимыя ихъ неправильности и многосложность происходятъ отъ того, что мы не наблюдаемъ ихъ съ естественнаго ихъ центра (статья 316), и что съ собственными и дѣйствительными движеніями планетъ мы смѣшиваемъ движенія параллактическія, произходящія отъ нашего собственнаго движенія вкругъ солнца.

393) Если мы не считаемъ земли центромъ планетныхъ движеній: то недолго намъ думать, куда надобно отнести этотъ центръ. Очевидно, что онъ долженъ находиться въ солнцѣ: разсмотримъ это. Если солнце и не соединено съ ними какими нибудь физическими отношеніями, то по крайней мѣрѣ имѣетъ преимущество передъ землей со стороны неподвижности. Но послѣ того, что было сказано въ статьѣ 380 объ ужасной массѣ этого свѣтила, занимающаго неподвижный центръ нашего орбитнаго движенія, ничего неможетъ быть естественнѣе, какъ предполагать, что оно въ отношеніи къ другимъ свѣтиламъ, которые сами по-

добно землѣ могутъ вращаться вкругъ него, составляетъ также центръ ихъ движеній, и что эти свѣтила подобно лунѣ заимствуютъ отъ него свѣтъ свой и единственно отъ этого становятся видимы. Есть много причинъ, которыя вполнѣ подтверждаютъ эту мысль относительно планетъ.

394) И вопервыхъ, планеты дѣйствительно суть великія сферическія тѣла, величиной съ землю, а нѣкоторыя и гораздо больше,; когда наблюдаютъ ихъ въ большіе телескопы, то онѣ представляются круглыми тѣлами, со значительнымъ видимымъ діаметромъ; видны явные признаки того, что онѣ суть массы твердыя: каждая изъ нихъ имѣетъ свое особенное образованіе и механизмъ — образованіе иногда чрезвычайно искуственное и многосложное (смотри изображеніе Юпитера, Сатурна и Марса лис. I), что они отъ насъ дальше, и гораздо дальше луны, а нѣкоторые даже дальше солнца: это мы полагаемъ, судя по незначительности ихъ суточнаго параллакса, который касательно ближайшихъ изъ нихъ и въ выгоднѣйшемъ положеніи находящихся, не превышаетъ нѣсколько секундъ: а для дальнѣйшихъ онъ совершенно незамѣтенъ. По сравненію суточнаго параллакса свѣтила съ видимымъ его полудіаметромъ, мы можемъ опредѣлить настоящую его величину. Потому что параллаксъ въ существѣ своемъ есть не что иное, какъ видимый полудіаметръ земли, усмотрѣнный отъ наблюдаемаго свѣтила; притомъ (статья 298), на томъ же самомъ разстояніи истинные діаметры должны содержаться между собою, какъ видимые. Не входя въ подробности, мы укажемъ

только общій выводъ этого сравненія: именно, что всѣ планеты несравненно меньше солнца; и что нѣкоторыя изъ нихъ величиною съ землю, а другія гораздо больше.

395) Относительно планетъ извѣстно также по опыту, что разстоянія ихъ отъ насъ, вычисленныя по ихъ видимымъ діаметрамъ, безпрерывно измѣняются, періодически увеличиваясь до извѣстныхъ предѣловъ; но этотъ періодъ не согласуется съ мыслію о правильномъ кругообразномъ или эллиптическомъ движеніи около земли, какъ около центра, или какъ фокуса, но сохраняетъ постоянное и очевидное отношеніе угловыхъ разстояній планетъ отъ солнца. Напримѣръ, видимый діаметръ Марса, равный 18", есть большій, когда эта планета находится въ такъ называемомъ *противустояніи* къ солнцу, т. е. когда проходитъ въ противной сторонѣ эклиптики или когда приходитъ въ полночь на мемеридіанъ; но этотъ діаметръ потомъ быстро уменьшается и дѣлается наименьшимъ до 4", когда она въ *соединеніи* съ солнцемъ т. е. въ тотъ моментъ, когда Марсъ видѣнъ почти по одному и томуже направленію съ солнцемъ. Такіе и подобные имъ факты, наблюдаемые касательно видимыхъ діаметровъ другихъ планетъ, явно показываютъ, что движенія ихъ имѣютъ отношеніе къ солнцу больше, нежели случайное.

396) Наконецъ нѣкоторыя планеты, будучи разсматриваемы въ телескопы, представляются намъ съ фазисами, подобными фазисамъ луны. Это доказываетъ, что онѣ суть тѣла темныя, свѣтящія только отраженнымъ свѣтомъ, и не какимъ нибудь другимъ, какъ

свѣтомъ солнечнымъ; не только потому, что нѣтъ другаго источника свѣта, столько же обильнаго и внѣ ихъ находящагося, но и потому, что явленія послѣдовательныхъ фазисовъ (точно также какъ и ихъ видимыхъ діаметровъ) тѣсно сопряжено съ удаленіемъ ихъ отъ солнца.

597) Найдено также, что когда мы относимъ планетныя движенія къ солнечному центру; то всѣ видимыя несообразности, которыя представляются въ нихъ, когда разсматриваемъ ихъ съ земли, вдругъ исчезаютъ, и подходятъ подъ одинъ простой всеобщій законъ, въ разсужденіи котораго движеніе земли, изъясненное въ прежней главѣ, есть не болѣе, какъ частный случай. Чтобы показать, какъ это произходитъ: возмемъ для примѣра одну планету; предположимъ, что она вращается вкругъ солнца, въ плоскости нѣсколько наклоненной къ плоскости эклиптики, — проходящей чрезъ солнце, и слѣдовательно пересѣкающей эклиптику по линіи *планетныхъ узловъ*. Эта линія, очевидно, должна раздѣлить орбиту ея на два сегмента; очевидно также, что до тѣхъ поръ, пока обстоятельства планетнаго движенія не измѣнятся, времена употребляемыя на прохожденіе сегментовъ останутся одни и тѣже. По этому промежутокъ прохожденіямъ планеты чрезъ одинъ узелъ до возвращенія ея къ нему же, долженъ быть равенъ полному вращенію ея вкругъ солнца т. е. это будетъ *періодическое* ея время; такимъ образомъ мы можемъ прямо опредѣлять періодическое время обращеній каждой планеты.

396) Мы сказали (въ статьѣ 388), что планеты

совершаютъ полной оборотъ на небѣ при весьма различныхъ обстоятельствахъ. Это надобно изъяснить. Двѣ изъ нихъ, Меркурій и Венера, совершаютъ такой оборотъ по близости солнца, отъ котораго онѣ никогда не отходятъ далѣе нѣкоторыхъ опредѣленныхъ границъ. Онѣ бываютъ видны иногда къ Востоку иногда къ западу отъ солнца. Въ первомъ случаѣ онѣ ярко свѣтятъ на западномъ горизонтѣ вскорѣ послѣ захожденія солнца и называются вечерними звѣздами; особливо Венера является иногда въ этомъ положеніи съ чрезвычайнымъ блескомъ; такъ что когда обстоятельства благопріятствуютъ, то можно снять съ ней примѣтную тѣнь. *) Когда онѣ бываютъ къ западу отъ солнца, то восходятъ раньше сего свѣтила по утру, являются надъ восточнымъ горизонтомъ, и называются утренними звѣздами. Онѣ однако не достигаютъ одинаковаго удаленія, или одинаковаго угловаго разстоянія отъ солнца. Меркурій никогда не бываетъ дальше 29°; Венера же можетъ удаляться по обѣ стороны около 47°. Когда они удаляются отъ солнца къ Востоку до самой крайней точки своего удаленія, то на время остаются какъ будто неподвижными относительно его и вращаются съ нимъ по эклиптикѣ со скоростью его движенія; потомъ они начинаютъ приближаться къ солнцу, или, что все равно, движеніе ихъ по долготѣ уменьшается и солнце движется скорѣе. По мѣрѣ сего приближе-

*) Она должна быть принимаема на бѣломъ грунтѣ. Открытое окно, въ хорошо выбѣленной комнатѣ, есть самый лучшій къ тому способъ. Употребляя его, я могъ видѣть не только тѣнь, но даже зубчики, которые окружаютъ ее.

нія пребываніе ихъ надъ горизонтомъ послѣ захожденія солнца ежедневно становится короче, пока наконецъ онѣ заходятъ прежде, чѣмъ темнота позволяетъ ихъ видѣть. По этому, на нѣкоторое время онѣ вовсе не бываютъ видны, исключая весьма рѣдкіе случаи, въ которыхъ можно видѣть ихъ проходящими по солнечному кругу, подобно небольшимъ, круглымъ, чернымъ, хорошо окраеннымъ пятнамъ, совершенно отличнымъ отъ пятенъ солнца (статья 330). Эти явленія обыкновенно называютъ *прохожденіями* планетъ по солнцу; они случаются тогда, какъ земля проходитъ линію ихъ узловъ, въ то же самое время, когда планета находится въ той части орбиты, о которой мы дали понятіе (въ статьѣ 355), говоря о солнечномъ затмѣніи. Будучи нѣкоторое время закрытыми, они являются на другой сторонѣ солнца, сначала показываясь на нѣкоторое только время передъ восхожденіемъ солнца, постепенно дольше и дольше по мѣрѣ ихъ удаленія. Въ это время движеніе ихъ по долготѣ есть быстро—отступательное. Однако прежде, чѣмъ достигаютъ наибольшаго удаленія, они по видимому останавливаются на небѣ; впрочемъ удаленіе ихъ отъ солнца совершается упрежденіемъ этого свѣтила по эклиптикѣ, оставляющаго ихъ позади; послѣ того движеніе бываетъ обратное и дѣлается прямымъ: въ это время они имѣютъ довольно скорости, чтобы опередить солнце, — и тогда они имѣютъ наибольшое свое западное удаленіе. Отсюда именно происходитъ родъ колебательнаго движенія, между тѣмъ, какъ общее упрежденіе совершается по эклиптикѣ.

399) Положимъ, что PQ (фиг. 54) эклиптика а, ABD орбита одной изъ этихъ планетъ (напр. Меркурія), усмотрѣнной съ боку зрителемъ, поставленнымъ вблизи ея плоскости; S солнечный центръ; и A, B, D S послѣдовательное положеніе планеты, изъ которыхъ B и S въ узлахъ. Еслибы солнце S остановилось безъ малѣйшаго движенія на эклиптикѣ, тогда планеты представлялись бы намъ двигающимися взадъ и впередъ отъ A до D, попремѣнно проходя впереди и позади солнца; и ежели бы глазъ лежалъ точно въ плоскости орбиты, то планета въ первомъ случаѣ проходила бы по солнцу, а въ послѣднемъ — *сзади* его. Но солнце не остается совершенно неподвижнымъ: оно представляется движущимся по эклиптикѣ PQ, описывая пространства ST, TU, UV, между тѣмъ какъ планета въ каждый изъ этихъ случаевъ совершаетъ одну четверть своего періода. Тогда орбита ея видимо повлечется вдоль по солнцу въ тѣ послѣдовательныя положенія, которыя изображены на фигурѣ; и тогда, какъ истинное движеніе ея вокругъ солнца приведетъ ее въ точки B, D, S, A, видимое движеніе ея на небѣ будетъ казаться волнистымъ или зигзагомъ A N H K. Движеніе ея по долготѣ будетъ прямое въ частяхъ AN, NH, и обратное въ частяхъ *H* и *K*; а на поворотѣ зигзага R H, K она представляется неподвижною.

400) Только двѣ планеты, Меркурій и Венера, имѣютъ такого рода движенія, и называются меньшими планетами; точки наибольшаго ихъ разстоянія отъ солнца называются (какъ выше было сказано) наибольшимъ восточнымъ и западнымъ удаленіемъ, а точки наи-

большаго приближенія — ихъ *нижнимъ* и *верхнимъ соединеніемъ*; бываетъ первое, когда планета проходитъ между землею и солнцемъ; бываетъ послѣднее, когда она проходитъ сзади солнца.

401) Въ статьѣ 399 мы означили видимый путь меньшей планеты, представляя орбиту ея въ разрѣзѣ, видимую отъ точки въ плоскости эклиптики. Посмотримъ на нее теперь въ проекціи на плоскости эклиптики. Положимъ,(фиг. 55) что S есть солнце; abcd — орбита Меркурія и ABCD часть зимней орбиты; что направленіе вращенія и земли и планеты есть одно и тоже, т. е. по направленію стрѣлки. Положимъ, что когда планета находится въ *a*, то земля будетъ въ A по направленію тангенса aA къ ея орбитѣ; очевидно, что планета окажется въ наибольшемъ удаленіи отъ солнца: уголъ aAS, измѣряющій видимое ихъ разстояніе, и усматриваемый отъ A, теперь больше, чѣмъ въ какомъ нибудь другомъ положеніи *a*, на собственной ея орбитѣ.

402) Какъ скоро этотъ уголъ однажды уже извѣстенъ изъ наблюденій; то мы можемъ, хотъ приближенно, опредѣлить разстояніе планеты отъ солнца, или радіусъ ея орбиты, предполагаемой кругомъ. Потому что треугольникъ SAa есть прямоугольный въ *a*; слѣдовательно мы имѣемъ Sa : SA : : Sin SAa : R. Изъ этой пропорціи получается непосредственно отношеніе радіусовъ Sa, SA двухъ орбитъ. Еслибъ обѣ орбиты были правильные круги, то такой способъ опредѣленія былъ бы совершенно вѣренъ; но (какъ открызается изъ неровности выводовъ величинъ Sa, получаемыхъ въ разныя

времена) этого не существуетъ на самомъ дѣлѣ. Что бы взять въ расчетъ эту разность, нужно допустить екцентренность и девіацію отъ кругообразнаго вида въ положеніи обѣихъ орбитъ. Оставляя теперь эту неровность, мы можемъ среднюю величину Sa получить черезъ частое повтореніе такого вычисленія въ различныхъ положеніяхъ этихъ двухъ свѣтилъ. Изъ этого вычисленія выведено, что разстояніе Меркурія отъ солнца около 36,000,000 миль; разстояніе Венеры такимъ же образомъ изчислено около 68,000,000; а радіусъ земной орбиты въ 95,000,000.

403) Звѣздные періоды планетъ получаются (какъ прежде замѣчено) довольно близко по наблюденіямъ ихъ прохожденій по узламъ орбитъ; и если взять въ разужденіе незначительное движеніе сихъ узловъ (подобно движенію лунныхъ узловъ, но несравненно медленнѣе); то точность вывода будетъ зависѣть только отъ вѣрности наблюденій. Изъ исправленныхъ наблюденій такого рода открывается, что сидерическій періодъ Меркурія есть $87^{\text{дней}}$ $23^{\text{час}}$ $15^{\text{мин}}$, $43^{\text{сек}}$ 8; періодъ же Венеры $224^{\text{дн.}}$ $16^{\text{час.}}$ $49^{\text{м.}}$ 8, $^{\text{сек.}}$ 0. Эти періоды однако много разнятся отъ наблюдаемыхъ промежутковъ, въ которыхъ планеты сіи послѣдовательно являются въ восточномъ и западномъ удаленіи отъ солнца. Меркурій видѣнъ въ самомъ большомъ блескѣ, какъ вечерняя звѣзда, черезъ средній промежутокъ 116 дней, а Венера черезъ промежутокъ 584; объясненіе этого обстоятельства заключается въ разности между сидерическимъ и синодическимъ періодами (статья 353). Обратимся къ фигурѣ въ статьѣ 401. Еже-

ли бы земля стояла неподвижно въ A, а планета въ тоже время двигалась по ея орбитѣ, то продолжительность сидерическаго періода, который привелъбы ее въ *a*, произведетъ такое же удаленіе отъ солнца; но какъ въ теченіе этого времени земля подвинулась по ея орбитѣ по одному и тому же направленію къ *E*, то слѣдующее наибольшое удаленіе на одной и тойже сторонѣ солнца случится не въ положеніи aA двухъ тѣлъ, но въ нѣкоторомъ дальнѣйшемъ положеніи eE. Опредѣленіе сего положенія зависитъ отъ вычисленія совершенно подобнаго тому, какое было изъяснено въ упомянутой статьѣ; по этому намъ нужно здѣсь указать только вычисленное синодическое вращеніе обѣихъ планетъ, изъ которыхъ каждое равно 115 дн. 877 и 583, 920.

404) Въ этотъ промежутокъ планета уже опишетъ цѣлое вращеніе вмѣстѣ съ дугою *ae*; земля же только дугу ACE ея орбиты. Въ продолженіи сего времени нижнее соединеніе случится тогда, какъ земля займетъ нѣкоторое извѣстное положеніе, B, а планета достигнетъ до b между солнцемъ и землей. Наибольшее удаленіе на противной сторонѣ солнца случится тогда, какъ земля достигнетъ до C, а планета до *c*, гдѣ линія соединенія Cc есть касательная внутренняго круга на противной сторонѣ отъ M. Наконецъ верхнее соединеніе случится, когда земля дойдетъ до D, а планета до *d*, по тойже линіи, продолженной на другой сторонѣ солнца. Промежутки, въ которыхъ эти явленія случаются, легко можно вычислить по синодическимъ періодамъ и радіусамъ орбитъ.

405) Окружности круговъ содержатся между со-

бою, какъ ихъ радіусы. По этому, если мы вычислимъ окружности орбитъ Меркурія и Венеры и Земли, и сравнимъ ихъ съ періодами ихъ вращенія: то найдемъ, что действительная скорость, съ которою каждая изъ этихъ планетъ движется, весьма различна. Меркурій движется со скоростью около 109,400 миль въ часъ, Венера 80,060, а земля 68,080. — Отсюда слѣдуетъ, что при нижнемъ соединеніи, или въ *b*, каждая планета движется по одному и тому же направленію съ землею, но съ большею скоростью, и слѣдовательно оставляетъ землю позади себя; видимое движеніе планеты, усматриваемое съ земли, представляетъ планету стоящею неподвижно, а землю движущеюся въ противную сторону истиннаго ея движенія. Въ этомъ положеніи видимое движеніе планеты должно быть противно видимому движенію солнца т. е. обратное, отступательное. Напротивъ, при верхнемъ соединеніи, когда истинное движеніе планеты происходитъ въ направленіи противномъ движенію земли, — относительное движеніе будетъ точно таково, какъ еслибы планета стояла спокойно, а земля двигалась впередъ соединенными ихъ скоростями по собственному ея направленію. Слѣдственно, въ такомъ положеніи видимое движеніе будетъ прямое. Оба эти слѣдствія согласны съ фактами, которые даютъ наблюденія.

406) Эти точки, въ которыхъ планета кажется намъ останавливающеюся, могутъ быть опредѣлены слѣдующимъ образомъ. Въ *a* и *c*, *точкахъ* наибольшаго удаленія, движеніе планеты происходитъ прямо къ землѣ или на оборотъ, по линіи проведенной отъ этой

планеты къ землѣ, между тѣмъ какъ движеніе земли происходитъ почти перпендикулярно къ этой линіи. Слѣдовательно видимое движеніе должно быть прямое. А мы уже видѣли, что въ *b*, при нижнемъ соединеніи, оно должно быть обратное или отступательное, по тому что движеніе планеты опередило движеніе земли. Слѣдовательно, неподвижныя точки должны находиться, какъ найдено дѣйствительно наблюденіями, между а и b или с и b, т. е. въ такомъ положеніи, что косвенность планетнаго движенія въ отношеніи къ линіи соединеній, совершенно вѣрно вознаграждаетъ излишекъ ея скорости, и производитъ равное упрежденіе каждой оконечности этой линіи, съ одной стороны движеніемъ планеты, а съ другой земли: такъ что на нѣкоторое незначительное время вся линія движется параллельно самой себѣ. Вопросъ этотъ принадлежитъ къ Геометріи и рѣшеніе его, если предполагать орбиты кругообразными, не трудно. Но если полагать ихъ не круглыми (какъ это есть на самомъ дѣлѣ), то рѣшеніе становится сложнѣе, такъ что здѣсь не мѣсто объ этомъ и говорить. Мы ограничимся указаніемъ выводовъ, подтвержденныхъ опытомъ; они показываютъ, что неподвижныя точки Меркурія бываютъ отъ 15° до 20° удаленія отъ солнца, смотря по обстоятельствамъ; что касается до Венеры, то для ней это удаленіе никогда не бываетъ свыше 29°. Меркурій продолжаетъ отступать около 22 дней, Венера — около 42.

407) Мы сказали, что нѣкоторые изъ планетъ имѣютъ фазисы, подобно лунѣ. Они случаются съ Меркуріемъ и Венерой; причину ихъ мы легко поймемъ, если

возьмемъ во вниманіе тотъ видъ ихъ орбитъ, какой мы предполагали выше. Стоитъ только взглянуть на фигуру (фиг. 54), чтобы понять, что зритель, находящійся на землѣ въ точкѣ E, увидитъ меньшую планету вполнѣ освѣщенною со стороны, обращенной къ солнцу, и темною на противной сторонѣ, когда она проходитъ въ верхнемъ соединеніи A; полнѣе четверти (подобно лунѣ между первою и второю четвертью) будетъ она между этою точкою и точками BC наибольшаго ея удаленія; въ половинномъ свѣтѣ—въ этихъ послѣднихъ точкахъ, и рогообразною или нараждающеюся между тѣми же точками B C, и нижнимъ соединеніемъ D. По мѣрѣ приближенія этой точки, освѣщенная часть уменьшается и наконецъ изчезаетъ. Тутъ планета совершенно скрывается отъ нашихъ глазъ, кромѣ тѣхъ случаевъ, когда она проходитъ по солнечному кругу и изображается на немъ чернымъ пятномъ. Всѣ эти явленія совершенно согласны съ наблюденіями; и, что̀ весьма замѣчательно, прохожденія такого рода были предсказаны, какъ необходимое слѣдствіе Теоріи Коперника, прежде изобрѣтенія телескопа.

408) Измѣненіе блеска Венеры въ различныхъ частяхъ видимой ея орбиты весьма замѣчательно. Это происходитъ отъ двухъ причинъ; вопервыхъ, отъ перемѣнъ освѣщенной части, въ отношеніи къ цѣлой окружности; и вовторыхъ, отъ перемѣны угловаго діаметра или видимой величины всего круга. По мѣрѣ приближенія ея къ нижнему соединенію отъ наибольшаго ея удаленія освѣщенная часть уменьшается; но это опять вознаграждается возрастаніемъ видимой величины, въ слѣдствіе уменьшенія разстоянія отъ зем-

ли. Такимъ образомъ весь полученный свѣтъ увеличивается до тѣхъ поръ, когда достигаетъ своего maximum и когда удаленіе планеты бываетъ около 40°.

409) Прохожденіе Венеры по солнцу случается весьма рѣдко; оно бываетъ попеременно въ промежутки около 8 и 113 лѣтъ. Какъ явленіе Астрономическое, это прохожденіе весьма важно; потому что оно доставляетъ намъ лучшее и точнѣйшее средство для опредѣленія разстоянія солнца, и его параллакса. Не входя въ подробности вычисленія этой задачи, сопряженной со множествомъ обстоятельствъ и чрезвычайно запутанной, мы здѣсь только изъяснимъ ея основное начало, весьма простое и опредѣлительное. Пусть E будетъ земля, V Венера, S солнце, и CD часть орбиты Венеры во время прохожденія по солнцу. Положимъ, что AB суть два наблюдателя на противуположныхъ оконечностяхъ того земнаго діаметра, который перпендикуляренъ эклиптикѣ; и чтобъ избѣжать многосложности вычисленія, оставимъ безъ вниманія вращеніе земли и положимъ, что A и B сохраняютъ неизмѣнно свое положеніе во все время прохожденія. Когда одинъ зритель, стоящій въ *A*, видитъ центръ Венеры, проектированный въ *a* на солнечномъ кругѣ: тогда другой находящійся въ *B* увидитъ ее въ *b*. Если бы который нибудь изъ наблюдателей въ одинъ мигъ перенесется отъ A къ B, то увидѣлъ бы Венеру вдругъ перенесенною отъ a къ *b*; и если бы онъ имѣлъ средства замѣчать съ точностью ея мѣсто на кругѣ микрометрическими или иными какими нибудь мѣрами; то въ состояніи былъ бы опредѣлить угловую мѣру *ab*, въ томъ видѣ, какъ она представится отъ земли.

Но какъ AVa, BVb суть прямыя линіи и по этому образуютъ равные противуположные углы при V; то *ab* содержится къ AB, какъ разстояніе Венеры отъ солнца къ разстоянію ея отъ земли, или какъ 68 къ 27, или почти какъ $2\frac{1}{2}$ къ 1; слѣдственно *ab* занимаетъ на солнечномъ кругѣ пространство въ $2\frac{1}{2}$ раза болѣе видимаго земнаго діаметра на разстояніи отъ солнца, или, что все равно, въ пять разъ болѣе горизонтальнаго его параллакса (статья 298). Слѣдственно погрѣшность, могущая произойти въ измѣреніи *ab*, содержитъ только одну пятую часть въ найденномъ горизонтальномъ параллаксѣ.

410) По этому нужно только опредѣлить ширину пояса PQRS pqrs, который заключенъ между крайними видимыми путями центра Венеры, и который она описываетъ по солнечному кругу, отъ вступленія своего съ одной стороны, и до выхода съ другой. Все дѣло наблюдателей въ A и B состоитъ только въ томъ, чтобы опредѣлить со всею возможною вѣрностью, въ своихъ пунктахъ наблюденія, двѣ точки, на которыхъ планета входитъ и выходитъ, и отрѣзанный ею на солнечномъ кругѣ сегментъ. Одинъ изъ вѣрнѣйшихъ къ тому способовъ (соединенный съ точными микрометрическими измѣреніями) заключается въ томъ, чтобы замѣчено было время цѣлаго ея прохожденія: потому что относительное угловое движеніе Венеры очень точно извѣстно изъ таблицъ ея движенія; и какъ видимый ея путь есть почти прямая линія, то эти времена даютъ намъ, на увеличенномъ масштабѣ, мѣру отсѣченныхъ хордъ на сегментѣ. Діаметръ солнца также извѣстенъ съ большою точностью; и потому превра-

щенныя синусы, а слѣдственно и ихъ разности или ширина пояса, становятся также извѣстными. Чтобы получить вѣрнымъ образомъ эти времена: каждый наблюдатель долженъ опредѣлить съ точностью вступленіе и выходъ центра планеты. Для сего онъ долженъ замѣтить 1) моментъ перваго видимаго соединенія съ внѣшнимъ краемъ солнца въ P; 2) моментъ полнаго закрытія планеты или перваго внутренняго соединенія въ Q; за тѣмъ онъ долженъ повторить тоже наблюденіе при выходѣ ея въ R, S. Средній промежутокъ соединеній или соприкосновеній внутренняго и внѣшняго даетъ время вступленія и выхода центра планеты.

41) Поправки, которыя должно дѣлать въ этомъ способѣ вычисленія по причинѣ движенія земли около своей оси и по причинѣ разности пунктовъ наблюденій, сходны въ своемъ основаніи съ тѣми поправками, которыя входятъ въ вычисленіе солнечнаго затмѣнія или закрытія звѣзды луною; только здѣсь это гораздо утонченнѣе. Не входя въ подробности, которыя завлекли бы насъ слишкомъ далеко, мы однако представили разительный примѣръ тому: какимъ образомъ измѣреніе самыхъ незначительныхъ элементовъ можетъ имѣть обширнѣйшія слѣдствія, и какимъ образомъ, измѣряя ихъ на увеличенномъ масштабѣ, и ставя въ измѣреніяхъ на мѣсто времени пространства, мы можемъ опредѣлять ихъ съ большою точностью согласно нашимъ цѣлямъ, — выбирая впрочемъ благопріятныя обстоятельства и соображая ихъ основательнымъ образомъ. Астрономы считали этотъ феноменъ такъ важнымъ, что при-

послѣднемъ прохожденіи Венеры по солнцу въ 1769 году были отправлены Англійскимъ, Французскимъ и Русскимъ правительствами экспедиціи въ отдаленнѣйшія части земнаго шара для того, чтобы наблюдать его. Знаменитое путешествіе капитана Кука на Отаити совершено было именно съ этою цѣлію. Общій выводъ всѣхъ наблюденій, дѣланныхъ при этомъ достопамятномъ случаѣ, далъ 8,″5776 для солнечнаго горизонтальнаго параллакса.

412) Орбита Меркурія есть чрезвычайно эллиптическая, потому что эксцентренность простирается до четвертой части средняго ея разстоянія. Это можно узнать изъ неровности наибольшихъ удаленій ея отъ солнца, наблюдаемыхъ въ различныя времена и измѣняемыхъ между границами 16° 12′ и 28° 48′. По точнымъ измѣреніямъ такихъ удаленій нетрудно понять, что орбита Венеры также не много эксцентренна; обѣ эти планеты описываютъ эллипсы, имѣя солнце въ своемъ фокусѣ.

413) Обратимся теперь къ большимъ планетамъ, къ тѣмъ, которыхъ орбиты окружаютъ со всѣхъ сторонъ земную нашу орбиту. Что дѣйствительно таково движеніе ихъ на самомъ дѣлѣ: это доказывается многими обстоятельствами. Во 1хъ онѣ не заключены, подобно малымъ планетамъ, въ нѣкоторые предѣлы удаленія отъ солнца, но являются во всѣхъ возможныхъ отъ него разстояніяхъ, даже въ противной ему сторонѣ или, какъ это называется, въ *противустояніи*: чего не случилось бы, если бы планета въ это время находилась между нами и солнцемъ. Во 2хъ, никогда не бываютъ

онѣ рогообразными или наращдающимися подобно Венерѣ и Меркурію; никогда не являются даже въ половинномъ свѣтѣ. Напротивъ, тѣ изъ нихъ, которыя, судя по незначительности ихъ параллакса, считаются самыми далекими отъ насъ, какъ напр. Юпитеръ, Сатурнъ и Уранъ, всегда представляются намъ круглыми: достаточное доказательство, что мы всегда видимъ ихъ по направленію, немного уклоняющемуся отъ направленія солнечныхъ лучей, которые освѣщаютъ ихъ; и что по этому мы занимаемъ точку нѣсколько удаленную отъ центра ихъ орбитъ, или, другими словами, что земная орбита совершенно въ нихъ заключена, и по сравненію съ ними имѣетъ гораздо меньшій діаметръ. Въ одной изъ нихъ, Марсѣ, замѣчены только два фазиса: впрочемъ отъ формы круга и эта планета никогда много не отступаетъ, потому что свѣтлая часть круга никогда не бываетъ менѣе семи восьмыхъ цѣлаго. Чтобы понять это: намъ стоитъ только бросить взглядъ на приложенную фигуру (фиг. 56) въ которой E есть земля въ видимомъ ея наибольшемъ удаленіи отъ солнца *S*, усматриваемаго отъ Марса *M*. Въ этомъ положеніи уголъ SME, заключенный между линіями SM и EM, есть maximum; слѣдственно зритель, находящійся на землѣ, въ этомъ положеніи лучше, нежели во всякомъ другомъ, можетъ видѣть наибольшую часть темной полуокружности. Величина фазиса или наибольшая, замѣченная такимъ образомъ, степень некруглоты, даетъ довольно вѣрное, хотя и грубое, средство опредѣлить уголъ SME, а съ тѣмъ вмѣстѣ и отношеніе разстоянія SM отъ Марса къ SE, разстоянію земли отъ солнца; очевидно, что діаметръ орбиты Марса не мо-

женъ быть меньше $1\frac{1}{2}$ земной орбиты. Фазисы Юпитера, Сатурна и Урана, совершенно не замѣтны; слѣдственно ихъ орбиты заключаютъ въ себѣ не только орбиту земли, но и Марса.

414) Всѣ большія планеты имѣютъ движенія обратныя или отступательныя, когда бываютъ въ противустояніи, а также нѣсколько прежде и послѣ этого времени; но величина этого обратнаго движенія, его продолжительность и скорость, много разнятся между собою. Это движеніе быстрѣе для Марса, чѣмъ для Юпитера; для Юпитера быстрѣе, чѣмъ для Сатурна, а для Сатурна быстрѣе, чѣмъ для Урана. Угловая скорость, съ которою планета совершаетъ обратное движеніе, легко опредѣляется ежедневнымъ наблюденіемъ видимаго мѣста ея на небѣ; по такимъ наблюденіямъ, сдѣланнымъ около времени противустоянія, легко можно заключить объ относительныхъ величинахъ ихъ орбитъ, по сравненію съ орбитою земли, полагая періодическія времена ихъ вращенія извѣстными, а слѣдственно и среднія угловыя ихъ скорости, которыя находятся въ обратномъ отношеніи къ періодическимъ временамъ. Положимъ, что Ee есть самая незначительная часть земной орбиты, а Mm есть соотвѣтствующая часть орбиты большой планеты, которую она описала около солнца въ день противустоянія; S есть солнце; въ этотъ день всѣ три тѣла лежатъ на одной прямой линіи SEmx. Тогда углы ESe и MSm даны. Если *em* будетъ продолжена и соединена съ SM, продолженной до x, то уголъ exe, равняющійся углу Xey, очевидно, есть отставаніе Марса, на этотъ день, и слѣд. так-

же данъ. По этому Ec и уголъ Exe въ прямоугольномъ треугольникѣ Eex даны; сторону Ex нетрудно вычислить; и такимъ образомъ Sx становится извѣстнымъ. Слѣдственно, въ треугольникѣ Smx у насъ даны сторона Sx и оба угла msx и mxs; откуда другія стороны Sm, mx легко опредѣляются. Sm есть не что иное, какъ радіусъ орбиты искомой большой планеты, которая въ этомъ вычисленіи, какъ и земная орбита, предполагается кругообразною: предположеніе не совершенно точное, но достаточное къ тому, чтобы на первый разъ приблизительно соизмѣрить ихъ орбиты; повторивъ нѣсколько разъ это дѣйствіе въ различныхъ положеніяхъ, въ которыхъ противустояніе можетъ случиться, мы наконецъ найдемъ среднюю величину діаметра довольно вѣрно.

415) Чтобы примѣнить это правило къ практикѣ: необходимо нужно знать періодическое время каждой планеты. А времена, какъ было уже сказано, прямо получаются изъ наблюденій промежутковъ между прохожденіями черезъ узлы; но по причинѣ чрезвычайно малаго наклоненія нѣкоторыхъ орбитъ къ плоскости эклиптики, онѣ пересѣкаютъ ее такъ косвенно, что истинный моментъ пересѣченія можно опредѣлить только самыми утонченными наблюденіями. Лучшій способъ состоитъ въ томъ, если мы по наблюденіямъ въ теченіе нѣсколькихъ послѣдовательныхъ дней опредѣлимъ точный моментъ прихода планетъ въ противустояніе съ солнцемъ, т. е. когда разность долготы между солнцемъ и планетой равняется точно 180°. Промежутокъ между получаемыми такимъ образомъ последовательными противустояніями, почти равняется

синодическому періоду; онъ со всею точностію равнялся бы ему, если бы орбиты планеты и земли были круги, описываемые въ равныя времена; но этого нѣтъ на самомъ дѣлѣ и это узнано изъ замѣченной неровности послѣдовательныхъ синодическихъ вращеній; и потому, наблюдая много разъ такого рода промежутки, взятые при различныхъ положеніяхъ, въ которыхъ случается противустояніе, и взявъ средній изъ нихъ, можно освободить его такимъ образомъ отъ эллиптической неровности и получить въ немъ средній синодическій періодъ. Отсюда, чрезъ выводы подобные тѣмъ, какія сдѣланы въ статьѣ 353, и чрезъ вычисленія, показанныя въ примѣчаніи къ ней, сидерическіе періоды легко получаются. Вѣрность такого опредѣленія, очевидно, много увеличится, если станемъ употреблять на этотъ случай самый большой промежутокъ времени. Этотъ промежутокъ содержитъ въ себѣ около 2000 лѣтъ для тѣхъ планетъ, извѣстныхъ еще въ древности, надъ которыми наблюденія были сдѣланы съ достаточною вѣрностью. И потому ихъ періоды могутъ почесться опредѣленными съ наибольшею точностью. Числительныя ихъ величины, ихъ среднія разстоянія и прочіе элементы планетныхъ орбитъ, находятся въ синоптической таблицѣ при концѣ нашего сочиненія; на нее мы обращаемъ вниманіе читателя однажды и навсегда, для избѣжанія повтореній.

416) Посмотрѣвъ на таблицу планетныхъ разстояній и сравнивъ ихъ съ періодическими временами, мы не можемъ не замѣтить нѣкоторой соотвѣтственности. Ясно, что чѣмъ дальше разстояніе, или чѣмъ

больше орбита: тѣмъ долѣе періодъ. Порядокъ планетъ, начиная съ ближайшей къ солнцу, останется одинъ и тотъ же, размѣстимъ ли ихъ по разстояніямъ ихъ или по временамъ, въ которыя совершаютъ онѣ свое вращеніе; они находятся въ слѣдующемъ порядкѣ: Меркурій, Венера, Земля, Марсъ (четыре внѣ зодіакальные планеты), Юпитеръ, Сатурнъ и Уранъ. Но когда мы разсмотримъ внимательно числа этихъ двухъ столбцовъ; то найдемъ, что отношеніе между обоими рядами не есть простое, пропорціональное увеличеніе. Періоды увеличиваются больше разстояній. Такимъ образомъ періодъ Меркурія есть около 88 дней, а Земли 365, будучи въ содержаніи 1:4, 15; между тѣмъ какъ разстоянія ихъ находятся въ меньшемъ содержаніи 1 къ 2, 56; тоже можно замѣтить и во всѣхъ прочихъ случаяхъ. Съ другой стороны, законъ увеличенія временъ, не такъ великъ, какъ квадраты разстояній. Квадратъ 2, 56 есть 6,5536, что значительно больше 4, 15. И всѣ другія численныя сближенія открываютъ промежуточный нѣкоторый законъ увеличенія между простымъ содержаніемъ и содержаніемъ квадратовъ разстояній. Чтобы узнать здѣсь истинное отношеніе, потребна была необыкновенная проницательность знаменитаго Кеплера, при чрезвычайномъ его терпѣніи и тщательности, и притомъ въ такое время, когда самыя данныя были еще весьма невѣрны, и когда Тригонометрическія вычисленія сопровождались трудностями, отъ которыхъ новѣйшее изобрѣтеніе логариѳмовъ насъ избавило и облегчило способъ открыть истинный законъ сродства отношеній. Это сродство заключается въ слѣдующемъ предложеніи: „квадраты періодическихъ

„временъ какихъ нибудь двухъ планетъ содержатся меж-„ду собою какъ кубы среднихъ разстояній отъ солн-„ца.“ Возмемъ, напримѣръ, землю и Марса*), которыхъ періоды находятся въ содержаніи 3652564 къ 6869796, и которыхъ разстоянія отъ солнца какъ 100,000 къ 152369; всякой, кто возметъ на себя трудъ сдѣлать сіе вычисленіе, найдетъ, что: $(3652564)^2 : (6869796)^2 : (100,000)^3 : (152369)^3$.

417) Изъ всѣхъ законовъ, которые когда нибудь человѣкомъ были выведены изъ наблюденій, этотъ третій законъ (какъ его называютъ) Кеплера можетъ почесться самымъ достопримѣчательнымъ: онъ особенно богатъ важными слѣдствіями. Послѣ этого, когда мы разсматриваемъ тѣла или части, составляющія планетную систему; то поражаетъ насъ не простая аналогія и не одно общее сходство между ними, какъ между существами недѣлимыми, не зависящими другъ отъ друга, и соединенными съ солнцемъ собственными, ему одному принадлежащими узами. Сходство это становится теперь какъ бы *фамильнымъ* родствомъ: всѣ они связаны одними и тѣми же отношеніями, сплетены въ одну сѣть взаимнаго сродства и гармоническаго согласія; подчинены одному общему вліянію, произтекающему отъ центра до дальнѣйшихъ предѣловъ этой великой

(* Выраженіе сего Кеплерова закона требуетъ нѣкотораго измѣненія, когда мы примѣняемъ его къ массамъ большихъ планетъ, и хотимъ достигнуть крайней точности въ вычисленіи. Поправка эта для земли и Марса незначительна.

системы, въ которой всѣ онѣ и вмѣстѣ съ землею, не что иное суть, какъ части или члены.

418) Законъ эллиптическаго движенія около солнца, какъ фокуса, и законъ равномѣрнаго описанія пространствъ линіями, проведенными отъ солнца къ каждой планетѣ, первоначально былъ подтвержденъ Кеплеромъ по наблюденіямъ движеній Марса; а эти наблюденія по аналогіи примѣнилъ онъ и къ остальнымъ планетамъ. Хотя такое примѣненіе могло быть очень невѣрнымъ; но новѣйшая Астрономія признала его за вѣрный фактъ по главному согласію выводовъ съ многоразличными наблюденіями видимыхъ мѣстъ планетъ. Найдено, что все это согласуется съ предположеніемъ, что каждая планета описываетъ особенный эллипсъ, котораго величина, степень эксцентренности, и положеніе въ пространствѣ, числительно означены въ синоптической таблицѣ, прежде нами упомянутой. Правда, что когда наблюденія доводимъ до большей степени точности; когда они объемлютъ великое число послѣдовательныхъ вращеній каждой планеты; и когда обратимъ притомъ вниманіе и на минувшія времена, помощію вычисленій, которыя основываются на *данныхъ* многихъ столѣтій: тогда увидимъ, что *законы* Кеплера суть не болѣе, какъ только приблизительныя истины къ тѣмъ многосложнѣйшимъ законамъ, которые извѣстны въ наше время. Чтобы привести далекія другъ отъ друга наблюденія въ строгое, взаимное, Математическое согласіе и въ тоже время удержать удобнѣйшую номенклатуру *эллиптической системы:* необходимо нужно измѣнить до нѣкоторой степени выраженіе за-

кона Кеплерова и смотрѣть на численныя данныя или *эллиптическiя елементы* планетныхъ орбитъ, какъ на не совсѣмъ постоянные элементы, подверженные чрезвычайно медленнымъ и почти непримѣтнымъ перемѣнамъ. Если разсматриваемъ только нѣсколько вращенiй, то эти перемѣны можно оставлять и безъ вниманiя; но когда беремъ въ разсмотрѣнiе нѣсколько вѣковъ, то отъ одного столѣтiя къ другому перемѣны эти накопляются и наконецъ производятъ значительное уклоненiе въ орбитахъ отъ первоначальнаго ихъ положенiя. Изъясненiе этихъ перемѣнъ будетъ предметомъ слѣдующей главы; теперь же мы оставимъ ихъ безъ вниманiя, какъ девiацiи слишкомъ незначительныя, неимѣющiя влiянiя на общiя наши заключенiя, съ которыми теперь познакомились. Здѣсь мы изъяснимъ: какiя имѣютъ Астрономы средства, чтобы сравнить выводъ эллиптической теорiи съ наблюденiями, такъ чтобы это согласно было съ природою.

419) Сначала должно показать: какiя теоретическiя слѣдствiя соединены съ каждымъ изъ трехъ Кеплеровыхъ законовъ, если принимать ихъ за достаточно основательныя; чему каждый изъ нихъ научаетъ какъ въ разсужденiи механическихъ силъ, управляющихъ нашею планетною системою, такъ и въ разсужденiи взаимнаго отношенiя между элементами системы; должно также показать, какимъ образомъ законы Кеплера, при этой точкѣ зрѣнiя, составляютъ базисъ, на которомъ утверждается Невтоново изъясненiе небесной механики. Начнемъ съ перваго закона о равномѣрномъ описанiи пространствъ. Ежели планеты движутся по криволинейнымъ путямъ: то должно быть, что онѣ, слѣдуя законамъ Динамики, отклоняются отъ ихъ естес-

твеннаго, прямолинейнаго пути какого нибудь *силою*. Изъ этаго закона, доказаннаго фактами, выходитъ, что направленіе такой силы въ каждой точкѣ планетной орбиты всегда проходитъ черезъ солнце. Совершенно все равно: отъ какой бы первой причины ни происходила эта сила, названная *тяготѣніемъ*; находится ли она единственно въ солнцѣ, какъ резервуарѣ, или это есть давленіе извнѣ, или слѣдствіе многихъ давленій, либо колебаній какихъ нибудь неизвѣстныхъ намъ жидкостей, магнетическихъ или электрическихъ: потому что тяготѣніе постоянно стремится къ центру солнца, являясь всегда результатомъ физическаго свойства этой силы и чѣмъ-то производнымъ отъ другихъ силъ или началъ. Въ видѣ отвлеченнаго динамическаго предложенія, читатель найдетъ этотъ законъ изъясненнымъ у Невтона, въ первомъ предложеніи о началахъ (Principia), въ первоначальной его простотѣ, къ которой мы не можемъ ничего прибавить, не запутавъ и не затемнивъ предмета. У Невтона выражено такъ: тѣло, безпрерывно влекомое силою, стремящеюся къ центральной точкѣ, и потому отклоняемое въ криволинейный путь, описываетъ около того центра равныя пространства въ равныя времена; и обратно: равномѣрное описаніе пространства есть существенный признакъ безпрерывнаго направленія дѣйствующей силы къ центру притягивающаго тѣла. Итакъ первый законъ Кеплера не даетъ намъ понятія о величинѣ силы, влекущей планету къ солнцу: онъ говоритъ только то, что такая сила существуетъ. Это свойство центральныхъ силъ является во множествѣ встрѣчающихся повсюду случаевъ: достаточно привести только одинъ. Напримѣръ, если

мы привяжемъ шарикъ къ тоненькой веревкѣ и будемъ вертѣть его кругомъ съ умѣренною скоростью въ вертикальной плоскости, такъ чтобы другой конецъ веревки обвертывался вкругъ пальца или палочки, которой положеніе совершенно горизонтально: тогда шарикъ станетъ приближаться къ центру движенія спиральною линіею; и по мѣрѣ того, какъ онъ будетъ приближаться, скорость, какъ угловая такъ и линейная, станетъ возрастать, вознаграждая такимъ образомъ уменьшеніе разстоянія, и показывая равенство въ описанныхъ пространствахъ въ равныя времена. Когда движеніе направлено будетъ въ противную сторону, и веревка начинатъ развертываться; тогда скорость сначала будетъ быстрая, а потомъ она станетъ убавляться въ томъ же содержаніи, какъ прежде увеличивалась. Возрастающая скорость танцовщика-пируэтта, приводящаго свое тѣло въ прямое положеніе и вытягивающаго свои члены, какъ можно, ближе къ центру движенія, есть другой примѣръ сродства наблюдаемаго дѣйствія съ центральною силою: примѣръ хотя не такъ ясный, но вѣрный.

420) Второй законъ Кеплера утверждаетъ, что планеты описываютъ эллипсы, въ которыхъ солнце занимаетъ фокусъ; и опредѣляетъ законъ солнечнаго тяготѣнія (такъ мы назовемъ силу, влекущую планеты къ солнцу, какая бы она ни была), дѣйствующаго на каждую планету отдѣльно, независимо отъ другихъ. По законамъ Динамики, прямая линія есть единственный путь, по которому можетъ слѣдовать тѣло, предоставленное самому себѣ и не находящееся подъ вліяніемъ никакой внѣшней силы. Всякое уклоненіе тѣла отъ пря-

молинейнаго пути есть доказательство дѣйствія на него внѣшней силы; и чѣмъ больше уклоненіе въ какое нибудь данное время, тѣмъ больше величина силы. Но уклоненіе отъ прямой линіи есть тоже, что и кривизна пути; какъ кругъ опредѣляется равномѣрностію кривизны во всѣхъ частяхъ: такъ и всякая другая кривая (напр. эллипсъ) характеризуется особливымъ закономъ, который производитъ увеличеніе и уменьшеніе ея кривизны по мѣрѣ перемѣны мѣста на ея окружность. Сила, уклоняющая безпрерывно движущееся тѣло по направленію кривой, можетъ быть опредѣлена, когда извѣстны *во первыхъ*, собственное ея направленіе и *и во вторыхъ* законъ кривизны, описываемой линіи. Вотъ, два элемента, входящіе въ опредѣленіе того, что называется *силою*. Тѣло можетъ описать эллипсъ при весьма различномъ расположеніи дѣйствующихъ силъ; она можетъ, напримѣръ, скользить, какъ бисеръ по полированной проволокѣ, согнутой въ эллиптическую форму: въ такомъ случаѣ сила всегда дѣйствуетъ перпендикулярно проволокѣ, и скорость равномѣрна; слѣдовательно, здѣсь сила не направлена ни къ какому постоянному центру, и нѣтъ здѣсь равнаго описанія пространствъ. Другой примѣръ описанія эллипса можетъ быть такой: повѣсимъ шарикъ на длинной веревкѣ; удалимъ его не много отъ перпендикулярнаго положенія, и легкимъ ударомъ заставимъ его вращаться. Въ этомъ случаѣ дѣйствующая сила направляется къ центру эллипса, около котораго шарикъ описываетъ пространства въ равныя времена; и эта сила, произтекающая изъ разложенія земнаго тяготѣнія, пропорціональна разстоянію центра отъ шарика. Этотъ примѣръ чрезвы-

чайно удобенъ и наставителенъ и мы будемъ имѣть еще случай къ нему обратиться. Но въ томъ образѣ эллиптическаго движенія, которое представляетъ теорія планетъ, гдѣ идетъ дѣло объ эллипсахъ, описываемыхъ около фокуса, путь къ изслѣдованію закона силы есть слѣдующій: во 1-хъ, законъ о пространствахъ опредѣляетъ настоящую скорость вращающагося тѣла въ каждой точкѣ; или опредѣляетъ пространство, которое тѣло проходитъ въ данную часть времени; во 2-хъ, законъ кривизны эллипса, опредѣляетъ линейную величину уклоненій отъ тангенса, *по направленію къ фокусу*, соотвѣтствующую пройденному пространству; наконецъ въ 3-хъ, законы ускореннаго движенія объясняютъ, что величина или напряженіе силы измѣряется этимъ уклоненіемъ, смотря потому же направленію, по которому дѣйствуетъ сила; и слѣдственно ее можно выразить знаками геометрическими или алгебраическими, независимо отъ частныхъ положеній тѣла, если только самое уклоненіе единожды получило уже такое же выраженіе. Вотъ духъ того метода, которымъ Невтонъ рѣшалъ эту важную задачу. Геометрическія подробности находятся въ 3 отдѣленіи его Началъ (Principia). Мы не можемъ прибрать совершенно яснаго, искуственнаго подобія, чтобы объяснить этотъ видъ эллиптическаго движенія. Впрочемъ, чтобы имѣть нѣкоторое понятіе о томъ, что тѣло, вращаясь около фокуса, то приближается къ нему, то удаляется отъ него, а также чтобы имѣть понятіе объ измѣненіяхъ скорости: можно привѣсить нѣсколько мѣлкаго стальнаго бисера на длинную и самую тонкую шелковинку, вращать ее малою орбитою или неболь-

щимъ кругомъ около полюса сильнаго цилиндрическаго магнита, держа его вертикально подъ точкою привѣшиванія. Тутъ увидимъ нѣкоторое подобіе эллиптическаго движенія планетъ около солнца.

421) Третій законъ Кеплера, который ставитъ въ одномъ общемъ отношеніи разстоянія и періоды обращенія планетъ, ведетъ насъ къ тому важному слѣдствію, что одна и таже сила, измѣняемая только разстояніемъ отъ солнца, удерживаетъ всѣ планеты въ своихъ орбитахъ; что ежели эту силу принимать за притяженіе солнца, то это притяженіе дѣйствуетъ на всѣ тѣла нашей системы, безъ различія, не смотря на разное свойство веществъ, изъ которыхъ они составлены, и дѣйствуетъ въ точной пропорціи къ ихъ количеству веществъ; что, слѣдственно, эта сила не есть частное притяженіе химиковъ или дѣйствіе магнитическое, которое имѣетъ вліяніе только на желѣзо, и еще на одно или на два вещества; что она имѣетъ свойство гораздо большей всеобщности и простирается равно на всѣ матеріальныя существа нашей системы и даже (какъ мы въ послѣдствіи будемъ имѣть множество причинъ допустить это) на такіе предметы, которые входятъ въ составъ системъ, совершенно отличныхъ отъ нашей. Этотъ законъ, сколько онъ ни важенъ, вытекаетъ, какъ самое простое *слѣдствіе* (*corollarium*) изъ 15 предложенія Началъ (Principia), гдѣ Невтонъ доказалъ, что если бы земля взята была изъ настоящей ея орбиты и пущена снова въ пространство на мѣстѣ какой нибудь другой планеты по ея направленію и съ ея скоростью, то она описала бы въ

тотъ же самый періодъ и ту же орбиту, которую та планета дѣйствительно теперь описываетъ, — кромѣ самой незначительной поправки, которая должна произойти отъ разности между массами земли и той планеты. Какъ ни малы планеты въ сравненіи съ солнцемъ: однако не всѣ онѣ въ отношеніи къ нему, подобно землѣ, суть чистые атомы. Точное выраженіе Кеплерова закона, какъ доказалъ Невтонъ въ 59 предложеніи, можно примѣнить только къ тѣмъ планетамъ, которыхъ массы, въ сравненіи съ центральнымъ тѣломъ, совершенно ничтожны. Съ другой стороны, періодическое время сокращается въ томъ содержаніи, въ которомъ находится квадратный корень числа, выражающаго массу солнечную, къ квадратному корню числа, выражающаго сумму массъ солнца и планеты; и вообще, какія бы ни были массы двухъ тѣлъ, вращающихся другъ около друга согласно Невтонову закону тяготѣнія: квадратъ ихъ періодическихъ временъ будетъ выраженъ дробью, которой числитель будетъ кубъ средняго разстоянія, т. е. большей полуоси эллиптической ея орбиты, а знаменатель будетъ сумма ихъ массъ. Когда одна изъ этихъ массъ несравненно больше другой; тогда предъидущее выраженіе принимаетъ видъ Кеплерова закона; но когда напротивъ, тогда замѣняетъ его предложеніе Невтона. Однако въ нашей системѣ численная поправка въ выводахъ Кеплерова закона, совершенно маловажна; потому что масса наибольшей планеты Юпитера, гораздо менѣе, чѣмъ тысячная часть массы солнечной. Впрочемъ мы увидимъ всю важность точнѣйшаго выраженія этого закона, когда будемъ говорить о спутникахъ.

422) Сначала нужно показать: какимъ образомъ элементы эллиптическихъ планетныхъ круговъ могутъ быть сравнены съ наблюденіями, такъ чтобы можно было увѣриться, что численныя данныя, заключающіяся въ таблицѣ элементовъ, точно изображаютъ вѣрную картину цѣлой системы и даютъ средства опредѣлять ея положеніе въ каждое мгновеніе времени простымъ примѣненіемъ Кеплеровыхъ законовъ. Для сего нужно знать 1) величину и видъ эллипса каждой планеты, 2) положеніе эллипса въ пространствѣ, въ отношеніи къ эклиптикѣ и неподвижной въ ней линіи, 3) мѣсто, которое занимаетъ планета на своемъ эллипсѣ въ данную эпоху, и 4) ея періодическое время вращенія, или среднюю угловую скорость; или, просто, такъ называемое *среднее ея движеніе*.

423) Величина и видъ эллипса опредѣлится, когда извѣстны самая большая его длина и самая большая ширина, или двѣ главныя оси; но въ Астрономическихъ пріемахъ преимущественно употребляется половина большой оси (или половина большой длины), и эксцентренность, или разстояніе фокуса отъ солнца, который обыкновенно опредѣляется въ частяхъ половины большой оси. Такимъ образомъ, въ эллипсѣ, котораго длина 10, а ширина 8 частей какой нибудь мѣры, большая полуось будетъ равна 5, а эксцентренность 3 такимъ частямъ; но когда онъ опредѣляется въ частяхъ большей полуоси, принятой за единицу, тогда эксцентренность выражается $\frac{3}{5}$.

424) Эклиптика есть плоскость, къ которой обы-

тащель земли естественно долженъ относить всю остальную часть солнечной системы, какъ къ *основной плоскости*; ось земной орбиты можно взять за начальную линію въ этой плоскости или за начало угловаго счисленія. Если бы эта ось была неподвижна, то была бы лучшимъ начальнымъ пунктомъ для счисленія долготъ; но какъ она имѣетъ движеніе, хотя весьма медленное, то нельзя сказать, чтобы отъ ней вести счисленіе долготъ было выгоднѣе, чѣмъ отъ линіи равноденствій; потому, Астрономы предпочитаютъ на этотъ случай послѣднюю, принимая однако въ разчетъ движенія отъ прецессіи и нутаціи. Чтобы опредѣлить положеніе планетнаго эллипса въ отношеніи къ плоскости эклиптики, надобно знать три элемента: 1) наклоненіе плоскости планетной орбиты къ плоскости эклиптики; 2) линію пересѣченія этихъ двухъ плоскостей, которая необходимо проходитъ черезъ солнце, и положеніе которой въ отношеніи къ линіи равноденствій будетъ дано, если извѣстна ея долгота. Эта линія называется *линіею узловъ*. Когда планета находится въ этой линіи, проходя отъ южной стороны эклиптики къ сѣверной; тогда находится она въ *восходящемъ узлѣ* и долгота ея въ этотъ моментъ есть элементъ, называемый *долготою узла*. Обѣ эти данныя опредѣляютъ положеніе плоскости орбиты; и для полнаго опредѣленія положенія эллипса планеты остается только знать: какъ онъ умѣщенъ въ этой плоскости (потому что извѣстно, что фокусъ его находится въ солнцѣ); и это опредѣлится, когда извѣстенъ третій элементъ, т. е. *долгота перигелія*, или мѣсто, занимаемое концомъ оси, ближайшимъ къ солнцу, когда она проэктирована перпендикулярно къ эклиптикѣ.

425) Когда такимъ образомъ опредѣлены размѣренія и положеніе планетной орбиты: остается только опредѣлить обстоятельства движенія орбиты. Для этого надобно только знать моментъ времени, когда планета находится или въ перигеліи или въ какой нибудь другой опредѣленной точкѣ ея орбиты, и продолженіе ея періода вращенія: тогда законы пространствъ опредѣлятъ ея мѣсто въ каждый другой моментъ. Когда обозначаютъ моментъ, въ который планета занимаетъ перигелій ея орбиты: эта данная называется просто *прохожденіемъ перелигія*; и она принимаетъ общее названіе эпохи, когда обозначается какая либо точка на орбитѣ, безъ особеннаго отношенія къ перелигію.

426) Итакъ, мы имѣемъ семь элементовъ, которые должно изчислять для каждой планеты прежде, чѣмъ можемъ вычислить положеніе цѣлой системы на каждое мгновеніе времени. И наоборотъ, зная ихъ, мы легко опредѣлимъ видимыя мѣста каждой планеты, какъ она можетъ представляться намъ отъ солнца, или дѣйствительно является отъ земли въ извѣстное время. — Первое называется *геліоцентрическимъ*, а послѣднее *геоцентрическимъ* мѣстомъ планеты.

427) Начнемъ съ геліоцентрическаго мѣста. Пусть S будетъ (фиг. 58) солнце; APN орбита планеты, которая есть эллипсъ, и имѣетъ солнце въ фокусѣ, и A перигелій; пусть paNV представитъ проэкцію орбиты на плоскости эклиптики, пересѣкая линію равноденствій SV въ V, которая по этому есть начало долготъ: тогда SN будетъ линія узловъ. Если мы положимъ, что B будетъ ле-

жать по южную и A по сѣверною сторону эклиптики, и направленіе движенія планеты простирается отъ B къ A; то N будетъ восходящій узелъ, а уголъ VSN будетъ долгота узла. Точно также, если P будетъ мѣсто планеты въ извѣстное время, и когда она и перигелій A, проэктируются на эклиптикѣ на точкахъ *p,a*, то углы *VSp*, *VSa* будутъ соотвѣтствующія геліоцентрическія долготы планеты и перигелія; первый изъ нихъ необходимо вычислять, а послѣдній есть одинъ изъ данныхъ элементовъ. Наконецъ уголъ pSP есть геліоцентрическая широта планеты, которую также требуется знать.

428) Такъ какъ съ одной стороны даны моментъ прохожденій планеты черезъ перигелій, и время нужное для описанія части AP орбиты, а съ другой дано все пространство эллипса и время его періодическаго вращенія: то законъ пропорціональности пространствъ къ временамъ дастъ величину пространства ASP. Слѣдственно, это есть задача чистой Геометріи — опредѣлить соотвѣтствующій уголъ ASP, который называется *истинная аномалія планеты*. Эта задача принадлежитъ къ роду трансцендентныхъ и рѣшается различными способами, больше или меньше сложными. Она однако не представляетъ особенныхъ трудностей и въ практикѣ весьма легко рѣшается при помощи таблицъ, составленныхъ для того, съ примѣненіемъ къ каждой планетѣ *) особливо.

---

*) Легко понять, что, исключая равномѣрное кругообразное движеніе, равное описаніе пространствъ около какого

429) Когда получимъ такимъ образомъ истинную аномалію, тогда угловое разстояніе планеты отъ узла или уголъ NSP найдется. Именно, когда долготы перигелія и узла, будучи каждая Va и VN, даны, тогда разность ихъ aN также дана; также и уголъ N сферическаго прямоугольнаго треугольника ANa, будучи наклоненіемъ плоскости орбиты къ еклиптикѣ, извѣстенъ. Отсюда мы вычисляемъ дугу NA или уголъ NSA, который, будучи приданъ къ ASP, даетъ искомый уголъ NSP. Онъ можетъ почестися мѣрою дуги NP, образуя ипотенузу прямоугольнаго сферическаго треугольника PNp, котораго уголъ N уже извѣстенъ, такъ что легко получаются остальныя двѣ стороны Np и Pp. Послѣдняя дуга, будучи мѣрою угла pSP, выражаетъ геліоцентрическую широту планеты: а первый уголъ измѣряетъ уголъ NSp, или разстояніе планеты по долготѣ отъ ея узла, который, будучи приданъ къ извѣстному углу VSN, долготѣ узла, даетъ геліоцентрическую долготу планеты. Это вычисленіе хотя и кажется многосложнымъ; но если оно однажды хорошо

либо центра, несовмѣстно съ равнымъ описаніемъ угловъ. Предметъ задачи относится къ прохожденію пространствъ, предполагаемыхъ извѣстными, въ отношенія къ угламъ, предполагаемымъ неизвѣстными: другими словами, задача состоитъ въ томъ, чтобы вывести истинную величину угловаго движенія отъ perигелія или *истинную аномалію*, изъ такъ названной технически *средней аномаліи*, т. е. средняго угловаго движенія, которое должно было бы совершиться, если бы углы были описываемы равномѣрно

понято: то можетъ быть сдѣлано при помощи обыкновенныхъ тригонометрическихъ таблицъ, и употребить на него нужно не больше того времени, которое читатель употребилъ на то, чтобы прочитать сказанное нами здѣсь объ этомъ предметѣ.

430) Геоцентрическое мѣсто планеты отличается отъ геліоцентрическаго тою параллактическою перемѣною видимаго мѣста, которая происходитъ отъ движенія земли въ ея орбитѣ. Если бы разстояніе планетъ отъ насъ было также огромно, какъ и разстояніе звѣздъ, то орбитное движеніе земли не произвело бы значительной перемѣны; и мѣста планетъ въ отношеніи къ звѣздамъ, были бы одни и тѣже, смотрѣть ли на нихъ отъ солнца или отъ земли. По этому, различіе между геліоцентрическимъ и геоцентрическимъ мѣстомъ планеты въ существѣ дѣла есть то же самое, что и параллаксъ ея, происходящій отъ перемѣщенія центра земли въ отношеніи къ системѣ при ея годовомъ движеніи. Отсюда слѣдуетъ, что первый шагъ къ познанію величины и послѣдовательна-

---

или пропорціонально времени; впрочемъ эта задача есть самая простая изъ всѣхъ трансцендентныхъ задачъ и можетъ быть разрѣшаема въ труднѣйшемъ случаѣ *правиломъ невѣрнаго* положенія (fausse position) въ нѣсколько минутъ. Кромѣ того она можетъ быть рѣшаема помощію простаго механизма, описаніе котораго, сдѣланное авторомъ сего сочиненія, можно найти въ Cambridge, Philosophicae Transactions, часть IV стр. 425.

го опредѣленія видимаго мѣста каждой планеты, отнесеннаго отъ земли къ сферѣ неподвижныхъ звѣздъ, долженъ состоять въ опредѣленіи содержанія разстояній планетъ отъ земли и солнца въ сравненіи съ разстояніемъ земли отъ солнца, и угловыхъ положеній всѣхъ трехъ тѣлъ другъ къ другу.

431) Итакъ пусть S (фиг. 59) представитъ солнце, E землю и P планету; SV будетъ линія равноденствій, VE земная орбита, и Sp перпендикуляръ, опущенный отъ планеты на эклиптику. Тогда уголъ SPE (сообразно общему понятію о параллаксѣ, въ статьѣ 69) изобразитъ параллаксъ планеты, произходящій отъ перемѣны пункта наблюденія отъ S къ E; EP будетъ видимое направленіе планеты усмотрѣнное отъ E; и если проведемъ SQ параллельно къ Ep: уголъ VSQ будетъ геоцентрическая долгота планеты, между тѣмъ какъ VSE изобразитъ геліоцентрическую долготу земли и VSp планеты. Первый изъ нихъ VSE получается изъ солнечныхъ таблицъ; послѣдній VSp опредѣляется указаннымъ выше способомъ (стат. 429). Притомъ, SP есть радіусъ векторъ планетной орбиты, а SE земной; оба они опредѣляются извѣстными размѣреніями своихъ эллипсовъ и мѣстами свѣтилъ въ означенное время. Наконецъ уголъ PSp есть геліоцентрическая широта.

432) Когда намъ желательно по всѣмъ этимъ даннымъ опредѣлить углы VSQ и PEp, который есть геоцентрическая широта; тогда дѣйствіе будетъ слѣдующее: во 1-хъ въ треугольникѣ SPp прямоугольномъ въ

P, даны SP и уголъ PSp (радіусъ векторъ планеты и геліоцентрическая широта): найди SP и Pp; во 2-хъ, въ треугольникѣ SEp дана сторона Sp (только что найденная) SE (радіусъ векторъ земли) и уголъ ESp (разность геліоцентрическихъ долготъ земли и планеты): найди уголъ SPE и сторону Ep. Первый равенъ углу pSQ, и есть параллактическое перемѣщеніе планеты по долготѣ, которая, будучи придана къ VSP, даетъ геліоцентрическую долготу. Послѣдняя, т. е. сторона Ep (называемая кратчайшимъ разстояніемъ планеты отъ земли) даетъ вдругъ геоцентрическую широту, помощію прямоугольнаго треугольника PEp, въ которомъ Ep и Pp суть уже извѣстныя стороны, а уголъ PEp будетъ искомая широта.

433) Всѣ эти вычисленія суть не что иное, какъ простыя дѣйствія Плоской Тригонометріи; и хотя они немного скучны, но совсѣмъ нетрудны и не многосложны. Они даютъ намъ средство сравнить съ возможною точностью мѣста планетъ дѣйствительно наблюдаемыя съ эллиптическою теоріею, и такимъ образомъ подвергнуть ихъ строжайшей повѣркѣ; основываясь на очевидности и сравнивъ ихъ съ наблюдаемыми фактами, мы можемъ смѣло сказать, что теорія совершенно согласна съ природою.

434) Планеты: Меркурій, Венера, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ, были извѣстны съ древнѣйшихъ временъ, какъ только стали заниматься Астрономіею. Уранъ открытъ Вильямомъ Гершелемъ, въ 1781 году Марта 13 дня, при обозрѣніи имъ всего неба, въ которомъ

каждая звѣзда, видимая въ телескопъ извѣстной силы, была подвержена строгому разсмотрѣнію. Новая планета была тотчасъ открыта по ея виду, значительно увеличенному телескопомъ. Послѣ узнали, что она прежде была уже наблюдаема, только такими слабыми телескопами, что нельзя было опредѣлить ея діаметра, —и даже включена вв каталоги, какъ звѣзда; но эти же самыя наблюденія послужили намъ къ тому, чтобы лучше узнать ея орбиту. Открытіе внѣзодіакальныхъ планетъ началось съ перваго дня 1801 года, когда Церера была открыта Г-мъ Піацци въ Палермѣ; вскорѣ послѣ того Профессоръ Гардингъ, въ Геттингенѣ, открылъ планету Юнону, а Палладу и Весту Профессоръ Олбергъ въ Бременѣ. Чрезвычайно замѣчательно, что это важное прибавленіе къ нашей наукѣ нѣкоторымъ образомъ было предчувствуемо и предполагаемо, какъ вещь не невозможная, на томъ основаніи, что промежутки между планетными орбитами увеличиваются вдвое, по мѣрѣ удаленія ихъ отъ солнца. Такимъ образомъ промежутокъ между орбитами земли и Венеры почти вдвое больше, чѣмъ между Венерой и Меркуріемъ; разстояніе между Марсомъ и землею вдвое болѣе, чѣмъ между землей и Венерой, и т. д. Промежутокъ между орбитами Юпитера и Марса слишкомъ великъ и составляетъ изключеніе изъ этого закона: въ отношеніи къ тремъ отдаленнымъ планетамъ, этотъ законъ опять возстановляется. По этому, покойный Берлинскій профессоръ Боде предположилъ, что между Марсомъ и Юпитеромъ можетъ существовать планета; и легко можно себѣ вообразить, каково было удивленіе Астрономовъ, когда нашли ихъ четыре, которыхъ движенія весьма

близко подходитъ къ искомому закону. Никакого изъясненія a priori, ни какой теоретической причины нельзя представить на эту замѣчательную прогрессію, которая можетъ быть съ совершенною точностію повѣрена числами, какъ это можно сдѣлать и съ законами Кеплера. Но обстоятельства, о которыхъ мы сейчасъ упоминали, заставляютъ насъ вѣрить, что этотъ законъ гораздо больше, чѣмъ одно только случайное согласіе, и существенно принадлежитъ къ устройству нашей системы. Предполагали, что внѣзодіалальныя планеты суть отломки какой нибудь большой планеты, которая прежде вращалась въ этомъ самомъ мѣстѣ, но разорвана на мельчайшія частицы какимъ нибудь взрывомъ; и что можетъ быть еще много такихъ отломковъ, которые со временемъ будутъ открыты. Это не болѣе, какъ образчикъ тѣхъ химеръ, которымъ Астрономы иногда предаются подобно другимъ ученымъ.

435) Мы посвятимъ конецъ этой главы на описаніе физическихъ свойствъ и вѣроятнаго состоянія каждой планеты, сколько первыя намъ извѣстны изъ наблюденій, а послѣднія по догадкамъ и умозаключеніямъ. Если онѣ обитаемы подобно нашей землѣ, то условія органической жизни должны измѣняться тамъ въ трехъ главныхъ отношеніяхъ: *вопервыхъ*, по различію въ количествѣ свѣта и теплоты, получаемыхъ отъ солнца; *вовторыхъ*, по различію въ напряженіи тяготѣнія, которое дѣйствуетъ на ихъ поверхностяхъ, или по различію содержанія между *инерціею* и *тяжестью* или вѣсомъ веществъ на различныхъ тѣлахъ; и *въ третьихъ* по различію свойствъ веществъ, которыя входятъ въ

ихъ составъ, — судя по тому, что мы знаемъ о средней ихъ плотности. Напряженіе солнечной радіаціи почти въ семь разъ болѣе на Меркуріѣ, чѣмъ на землѣ, а на Уранѣ въ 330 разъ менѣе. Содержаніе между обѣими крайностями свыше 2000 къ 1. Вообразимъ же себѣ, каково было бы состояніе нашей земли, еслибы солнечная радіація увеличена была въ семь разъ, либо уменьшена въ 300ю часть ея настоящей силы! — Съ другой стороны, напряженіе тяготѣнія и противудѣйствіе мускулярной силы и животной дѣятельности, на Юпитерѣ почти въ 3 раза болѣе, чѣмъ на землѣ; на Марсѣ не больше одной третьей части, на лунѣ — одной шестой, а на четырехъ малыхъ планетахъ не больше одной двадцатой части: маштабъ, въ которомъ крайніе предѣлы находятся въ содержаніи 60 къ 1. Наконецъ, напряженіе тяготѣнія на Сатурнѣ едва превосходитъ одну восьмую средняго напряженія тяготѣнія на землѣ, такъ что Сатурнъ долженъ состоять изъ веществъ не тяжелѣе пробки. Сообразивъ все различіе этихъ элементовъ, имѣющихъ такое великое вліяніе на органическую жизнь, какую ужасную разность мы должны допустить въ условіяхъ этой важной задачи, которая должна рѣшить или опредѣлить сохраненіе органическаго и разумнаго бытія существъ, сохраненіе ихъ жизни и степень счастія; задача, которая судя по тому, что мы видимъ на собственной нашей планетѣ, и по тому обилію живущихъ существъ, которыми населенъ каждый уголокъ ея, составляетъ постоянный и достойный предметъ вѣчной дѣятельности для мудрости и благости Создателя.

436) Но оставимъ теперь страну чистыхъ умо-

зрѣній, и посмотримъ на то, чему научаетъ насъ телескопъ касательно дѣйствительнаго состоянія каждой планеты въ особенности. О Меркуріѣ мы ничего почти больше не знаемъ, какъ-что онъ круглый, и имѣетъ фазисы. Онъ столько малъ и такъ близокъ къ солнцу, что мы ничего не можемъ болѣе сказать объ его природѣ. Истинный діаметръ Меркурія около 3200 миль, видимый діаметръ измѣняется отъ 5″ до 12″. Также и Венера не представляетъ особенныхъ свойствъ, хотя истинный ея діаметръ 7800 миль, а видимый иногда доходитъ до 60″; а это болѣе, чѣмъ у какой нибудь другой планеты: но при всемъ этомъ ее всѣхъ труднѣе наблюдать телескопами. Чрезвычайный блескъ освѣщенныхъ ея частей поражаетъ глазъ и умножаетъ всѣ недостатки телескопа; впрочемъ мы ясно видимъ, что поверхность ея не усѣяна, подобно лунѣ, пятнами; на ней не примѣчаемъ ни горъ, ни тѣней: весь кругъ ея представляется въ равномѣрномъ свѣтѣ; иногда кажется, что мы видимъ на ней темныя части, но въ такомъ видѣ, что наблюдатель не можетъ ничего сказать объ этомъ основательнаго. По нѣкоторымъ наблюденіямъ такого рода, было выведено, что Венера и Меркурій вращается около своихъ осей, почти въ такое же время, какъ и земля. Самое естественное слѣдствіе, какое только можно вывести касательно рѣдкаго явленія и перемѣнчивости пятенъ этихъ двухъ планетъ, есть то, что мы не видимъ истинной ихъ поверхности, какъ на лунѣ; что видимъ только ихъ атмосферы: онѣ, конечно, не безъ облаковъ, которые должны умѣрять палящій свѣтъ солнца.

ихъ составъ, — судя по тому, что мы знаемъ о средней ихъ плотности. Напряженіе солнечной радіаціи почти въ семь разъ болѣе на Меркуріѣ, чѣмъ на землѣ, а на Уранѣ въ 330 разъ менѣе. Содержаніе между обѣими крайностями свыше 2000 къ 1. Вообразимъ же себѣ, каково было бы состояніе нашей земли, еслибы солнечная радіація увеличена была въ семь разъ, либо уменьшена въ 300[ю] часть ея настоящей силы! — Съ другой стороны, напряженіе тяготѣнія и противудѣйствіе мускулярной силы и животной дѣятельности, на Юпитерѣ почти въ 3 раза болѣе, чѣмъ на землѣ; на Марсѣ не больше одной третьей части, на лунѣ — одной шестой, а на четырехъ малыхъ планетахъ не больше одной двадцатой части: маштабъ, въ которомъ крайніе предѣлы находятся въ содержаніи 60 къ 1. Наконецъ, напряженіе тяготѣнія на Сатурнѣ едва превосходитъ одну восьмую средняго напряженія тяготѣнія на землѣ, такъ что Сатурнъ долженъ состоять изъ веществъ не тяжелѣе пробки. Сообразивъ все различіе этихъ элементовъ, имѣющихъ такое великое вліяніе на органическую жизнь, какую ужасную разность мы должны допустить въ условіяхъ этой важной задачи, которая должна рѣшить или опредѣлить сохраненіе органическаго и разумнаго бытія существъ, сохраненіе ихъ жизни и степень счастія; задача, которая судя по тому, что мы видимъ на собственной нашей планетѣ, и по тому обилію живущихъ существъ, которыми населенъ каждый уголокъ ея, составляетъ постоянный и достойный предметъ вѣчной дѣятельности для мудрости и благости Создателя.

436) Но оставимъ теперь страну чистыхъ умо-

зрѣнiй, и посмотримъ на то, чему научаетъ насъ телескопъ касательно дѣйствительнаго состоянiя каждой планеты въ особенности. О Меркурiѣ мы ничего почти больше не знаемъ, какъ-что онъ круглый, и имѣетъ фазисы. Онъ столько малъ и такъ близокъ къ солнцу, что мы ничего не можемъ болѣе сказать объ его природѣ. Истинный дiаметръ Меркурiя около 3200 миль; видимый дiаметръ измѣняется отъ 5″ до 12″. Также и Венера не представляетъ особенныхъ свойствъ, хотя истинный ея дiаметръ 7800 миль, а видимый иногда доходитъ до 60″; а это болѣе, чѣмъ у какой нибудь другой планеты: но при всемъ этомъ ее всѣхъ труднѣе наблюдать телескопами. Чрезвычайный блескъ освѣщенныхъ ея частей поражаетъ глазъ и умножаетъ всѣ недостатки телескопа; впрочемъ мы ясно видимъ, что поверхность ея не усѣяна, подобно лунѣ, пятнами; на ней не примѣчаемъ ни горъ, ни тѣней: весь кругъ ея представляется въ равномѣрномъ свѣтѣ; иногда кажется, что мы видимъ на ней темныя части, но въ такомъ видѣ, что наблюдатель не можетъ ничего сказать объ этомъ основательнаго. По нѣкоторымъ наблюденiямъ такого рода, было выведено, что Венера и Меркурiй вращается около своихъ осей, почти въ такое же время, какъ и земля. Самое естественное слѣдствiе, какое только можно вывести касательно рѣдкаго явленiя и перемѣнчивости пятенъ этихъ двухъ планетъ, есть то, что мы не видимъ истинной ихъ поверхности, какъ на лунѣ; что видимъ только ихъ атмосферы: онѣ. конечно, не безъ облаковъ, которые должны умѣрять падающiй свѣтъ солнца.

437) На планетѣ Марсъ представляется намъ совсѣмъ другое. На немъ различаемъ мы совершенно ясно окрашенности, похожiя на матерuки и моря (смотри лист 1 фиг. 1.) На фигурѣ, Марсъ изображенъ въ кругломъ его видѣ, какъ онъ былъ видѣнъ 16 Августа 1830 года 20-ти футовымъ рефлекторомъ въ Сло (Slonsh). Части, которыя можно принимать за материки, отличаются тѣмъ красноватымъ цвѣтомъ, который свойственъ свѣту этой планеты, всегда красному и огненному, и безъ сомнѣнiя показываютъ охропатый оттѣнокъ почвы, подобно тому, какъ, вѣроятно, мѣста, гдѣ находится красный песчаный камень на нашей землѣ, представляются жителямъ Марса, но только рѣзчѣе. Въ противуположность этому, на основанiи общаго закона Оптики, тѣ мѣста, которыя кажутся морями, представляются зеленоватыми (*). Эти пятна не всегда бываютъ видимы съ равною ясностью; и когда видны, всегда представляютъ одни и тѣже явленiя. Это можетъ происходить отъ того, что планета не совсѣмъ лишена атмосферы и облаковъ: **) такъ заставляетъ полагать явленiе яркихъ бѣлыхъ пятенъ у полюсовъ: одинъ изъ нихъ изображенъ на нашей фигурѣ. Приняли за вѣроятное, что эти пятна суть снѣгъ;

(*) Я очень часто видалъ такое явленiе; но яснѣе всего я видѣлъ его въ тотъ разъ, когда сдѣланъ и рисунокъ, помѣщенный на лис. 1 фиг. 1.

**) Предполагали, что Марсъ имѣетъ весьма обширную атмосферу; но на это нѣтъ достаточныхъ доказательствъ.

потому что они изчезаютъ, когда бываютъ долго подвержены вліянію солнца; и напротивъ представляются чрезвычайно обширными, послѣ долгихъ ночей полярной зимы. Наблюдая эти пятна въ продолженіи цѣлой ночи или многихъ послѣдовательныхъ ночей, нашли, что Марсъ вращается около оси, наклоненной къ эклиптикѣ около 30°, 18′ въ періодъ времени 24ч. 39м. 21с., по одному и тому же направленію съ землею т. е. отъ запада къ востоку. Наибольшій и наименьшій видимые діаметры Марса — 4′ и 18″ секундъ, а истинный діаметръ 4,100 миль.

438) Теперь скажемъ о самой величественной планетѣ, объ Юпитерѣ, — величайшей изъ всѣхъ; діаметръ ея не меньше какъ 87,000 миль; объемъ Юпитера почти въ 1300 разъ больше объема земли. Его сопровождаютъ четыре спутника (луны) или второклас-ныя планеты (какъ ихъ называютъ), которыя постоянно слѣдуютъ за нимъ и около него вращаются, какъ луна вкругъ земли, и въ томъ же направленіи, образуя со своимъ путеводителемъ въ маломъ видѣ систему, совершенно сходную съ тою, къ которой центральная планета принадлежитъ какъ часть, — систему, подчиненную такимъ же законамъ и точно такимъ же образомъ показывающую дѣйствіе силы тяготѣнія, въ томъ видѣ, какъ мы скажемъ въ слѣдующей главѣ.

439) Кругъ Юпитера всегда представляется намъ пересѣченнымъ въ одномъ извѣстномъ направленіи темными полосами или поясами, какъ они изображены на листѣ 1 фиг. 2, которая представляетъ планету такъ,

какъ видѣли ее 23 Сентября 1832 года 20^{ти} футовымъ рефлекторомъ въ Сло (Slough). Эти пояса однако не всегда одинаковы; они измѣняются въ ширинѣ и въ положеніи на кругѣ, но никогда въ главномъ своемъ направленіи. Иногда даже видимы были они разорванными на части и разсѣяны по всей поверхности планеты; но это явленіе весьма рѣдко. Отъ нихъ выходятъ вѣтьви и меньшія подраздѣленія, какъ изображено на фигурѣ, — или черныя пятна — нѣчто подобное облакамъ. По внимательномъ наблюденіи заключено, что планета вращается въ очень короткій періодъ 9^ч 55^м 50^с (звѣзд. врем.) около оси, перпендикулярной къ направленію поясовъ. Чрезвычайно замѣчательное обстоятельство, подтверждающее удовлетворительнымъ образомъ разсужденіе, въ которомъ сфероидальная фигура земли была объяснена суточнымъ ея вращеніемъ, — есть то, что обводы круга Юпитера не кругообразны, но эллиптическіе, и значительно сжаты по направленію оси вращенія. Это явленіе не есть оптическій обманъ: оно основано на микрометрическихъ измѣреніяхъ, показывающихъ отъ 107 до 100 для содержанія экваторіальнаго и полярнаго діаметровъ. И что̀ въ особенности подтверждаетъ истину нашихъ основныхъ началъ, и даетъ намъ право приложить ихъ къ Юпитеру, не смотря на его отдаленность, — это есть именно то, что сжатость Юпитера, узнанная наблюденіями, въ точности согласуется съ сжатостію, которая выходитъ изъ теоріи, по размѣреніямъ этой планеты и времени ея вращенія.

440) Параллельность поясовъ къ экватору Юпитера, случайныя ихъ измѣненія, и пятна на нихъ за-

мѣчаемыя, заставляютъ полагать съ вѣроятностію, что эти пояса находятся въ атмосферѣ планеты, что они суть прозрачнѣйшія мѣста этой атмосферы, ограниченныя потоками, сходными съ нашими посадными вѣтрами, но гораздо постояннѣйшаго и опредѣлительнѣйшаго свойства; чего дѣйствительно можно ожидать отъ чрезвычайно быстраго вращенія планеты. Обстоятельство, что пояса не простираются къ окраенностямъ круга, но ослабѣваютъ по мѣрѣ приближенія къ нимъ (смотри лис. 1 фиг. 2.), явно показываетъ, что они позволяютъ видѣть намъ тѣло, которое гораздо темнѣе планеты. Видимый діаметръ Юпитера измѣняется отъ 30″ до 46″.

441) Механизмъ болѣе замѣчательный, и, если можно сказать, болѣе утонченный находится въ Сатурнѣ, —планетѣ, которая слѣдуетъ за Юпитеромъ, и не многимъ меньше его по величинѣ, имѣя около 79,000 миль въ діаметрѣ: объемъ его въ 1000 разъ превосходитъ объемъ земли; видимый діаметръ его, усматриваемый отъ земли, около 16″. Этотъ огромный шаръ, кромѣ того, что сопровождается семью спутниками или лунами, окруженъ еще двумя широкими, плоскими, чрезвычайно тонкими кольцами, единоцентренными какъ съ планетой, такъ и между собою; оба они лежатъ въ одной плоскости и раздѣлены между собою весьма узкимъ промежуткомъ по всей окружности; со стороны планеты этотъ промежутокъ гораздо значительнѣе. Размѣренія этого необыкновеннаго, такъ сказать, *прибавленія* къ планетѣ суть слѣдующія: *)

*) Размѣренія сіи вычислены по микрометрическимъ измѣреніямъ Г. Струве, кромѣ толщины кольца, которую я

	мили.
Внѣшній діаметръ внѣшняго конца	176 418.
Внутренній	155 272.
Внѣшній діаметръ внутренняго кольца . .	151 690.
Внутренній	117 339.
Экваторіальный діаметръ тѣла	79 160.
Промежутокъ между планет. и внут. кольц.	190 90.
Промежутокъ между кольцами	17 91.
Толщина кольца не превосходитъ	100.

Фигура (фиг. 3 листъ 1) изображаетъ Сатурна, окруженнаго своими кольцами, съ ядромъ, которое изпещрено темными поясами, похожими на пояса Юпитера; но они шире и меньше окраены и происходятъ, вѣроятно, отъ тѣхъ же причинъ. Что кольцо есть твердое темное тѣло, это видно изъ того, что оно бросаетъ тѣнь на ядро, къ сторонѣ, обращенной къ солнцу; а съ другой стороны принимаетъ тѣнь ядра, какъ показано на фигурѣ. По параллельности поясовъ съ плоскостью кольца, можно заключить, что ось вращенія планеты перпендикулярна къ этой плоскости; такое предположеніе подтверждается случайнымъ явленіемъ большихъ пятенъ на поверхности, которыя, будучи наблюдаемы, подобно пятнамъ Марса и Юпитера, указываютъ вращеніе въ 10 ч. 20 м. 17 с. звѣзднаго времени.

442) Ось вращенія сохраняетъ, подобно земной оси, свой параллелизмъ въ продолженіи движенія плане-

---

вывелъ изъ собственныхъ моихъ наблюденій. Упоминаемый здѣсь промежутокъ между кольцами, можетъ быть, означенъ слишкомъ малъ.

ты по орбитѣ. Тоже должно сказать и о кольцѣ, котораго плоскость постоянно наклонна, подъ тѣмъ же или почти подъ тѣмъ же угломъ, къ плоскости орбиты и слѣдовательно къ эклиптикѣ, именно 28 40′; она пересѣкаетъ эту послѣднюю плоскость линіею, которая составляетъ уголъ съ линіею равноденствій во 170°, такъ что узлы кольца лежатъ въ долготахъ 170°, и 350°. Слѣдственно всякій разъ, когда планета находится въ той или другой изъ этихъ долготъ, плоскость кольца проходитъ чрезъ солнце, которое тогда освѣщаетъ только края его; и въ это время, по причинѣ малости земной орбиты въ сравненіи съ орбитою Сатурна, земля необходимо должна быть немного удалена отъ этой плоскости и должна во всякомъ случаѣ проходить въ плоскости кольца, или немного ранѣе или позже того момента, когда эта плоскость точно проходитъ черезъ центръ солнца. Въ это время кольцо кажется намъ тонкою, прямою линіею, которая пересѣкаетъ кругъ и проэктируется по обѣ стороны; но тонкость линіи такъ велика, что нужны самые сильные телескопы, чтобъ ее примѣтить. Это замѣчательное явленіе случается въ промежутокъ 15ти лѣтъ, но изчезаніе кольца обыкновенно случается дважды, — и это происходитъ отъ медленности движенія Сатурна: оно даетъ землѣ время встрѣтить два раза плоскость кольца, прежде, нежели оно увлечено будетъ далеко отъ земной орбиты. Это второе изчезаніе теперь скоро случится. *) Когда планета удаляется

*) Изчезаніе кольца бываетъ совершенное, когда его наблюдаютъ рефлекторомъ въ 18 дюймовъ отверстія и 40 футъ фокальной длины (прим. Автора, 29 Апр. 1833).

отъ узловъ, въ которыхъ кольцо изчезаетъ, тогда линія видѣнія постепенно болѣе и болѣе наклоняется къ плоскости кольца; и, по законамъ перспективы, принимаетъ видъ эллипса, который достигаетъ самой большой ширины тогда, когда планета удаляется на 90° отъ каждаго узла, какъ въ CD. Ежели предположить верхнюю часть фигуры Сѣверомъ, а нижнюю Югомъ эклиптики; тогда только сѣверная часть кольца будетъ видна, когда планета будетъ лежать въ полуокружности ACB; а южную можно видѣть только тогда, какъ планета будетъ въ ADB. Во время наибольшаго разширенія эллипса долгайшій діаметръ почти ровно вдвое противъ кратчайшаго.

443) Теперь естественно раждается вопросъ: какимъ образомъ такая великая дуга, составленная изъ тяжело-вѣсныхъ веществъ, можетъ поддерживаться и не упадетъ на самую планету? Это объясняется быстрымъ вращеніемъ кольца въ собственной своей плоскости, какъ это открыто наблюденіями, и доказывается тѣмъ, что нѣкоторые части кольца темнѣе другихъ и совершаютъ свой періодъ въ 10ч. 29м. 17с. т. е. (какъ это извѣстно намъ изъ размѣреній кольца и силы тяготѣнія въ системѣ Сатурна) почти въ періодическое время спутника, вращающагося на разстояніи половины его ширины. Значитъ, центробѣжная сила, происходящая отъ этого вращенія, поддерживаетъ его; и хотя до сихъ поръ не сдѣлано наблюденій довольно точныхъ для того, чтобы показать различіе періодовъ между внѣшнимъ и внутреннимъ кольцами, но весьма вѣроятно, что такое различіе существуетъ, и что

каждое изъ нихъ отдѣльно отъ другаго находится въ равновѣсіи.

444) Хотя кольца Сатурна, какъ мы сказали, единоцентренны съ ядромъ: однако новѣйшія и чрезвычайно точныя микрометрическія измѣренія показали, что это согласіе не имѣетъ математической точности, но что центръ тяготѣнія колецъ колеблется вкругъ центра самаго ядра, описывая чрезвычайно малую орбиту, вѣроятно, подъ вліяніемъ очень сложнаго закона. Какъ ни малозначуще такое замѣчаніе, но оно весьма важно для неподвижности системы колецъ. Полагая, что они совершенно круглы и въ точности единоцентренны съ ядромъ, можно доказать, что они образовали бы (не смотря на ихъ центробѣжную силу) систему въ состояніи *непостояннаго равновѣсія*, которую малѣйшая внѣшняя сила могла бы разрушить, не тѣмъ, чтобы она разорвала кольца, но тѣмъ, что она бросила бы ихъ во всей ихъ цѣлости на поверхность планеты. И дѣйствительно, притяженіе такого кольца или системы колецъ на точкѣ или на сферѣ, не единоцентренно расположенныхъ, не равно по всѣмъ направленіямъ, но стремится притягивать точку или сферу къ точкѣ, самой близкой отъ поверхности кольца, или удалять отъ центра. Когда предположимъ, что ядро отъ какой нибудь причины немного не единоцентренно съ кольцомъ, то стремленіе взаимнаго тяготѣнія не поправитъ этой неединоцентренности, но увеличитъ ее до того, что кольцо и тѣло придутъ въ соприкосновеніе (смотри Глава XI). Но внѣшнія силы, которыя въ состояніи производить такую ексцентренность, дѣйствительно находятся въ притяженіи спутниковъ, какъ

будетъ показано въ главѣ XI; и чтобы эта система была постоянна, и обладала въ себѣ самой силою противиться первымъ дѣйствіямъ такого стремленія: достаточно допустить, что кольцамъ сообщена тяжесть въ нѣкоторыхъ частяхъ ихъ окружности, или посредствомъ незначительной неровности въ толщинѣ; или тѣмъ, что нѣкоторыя части плотнѣе другихъ. Такой грузъ даетъ всему кольцу, къ которому онъ привѣшенъ, свойство тяжелаго и неудободвижимаго спутника, который противудѣйствуетъ, посредствомъ своей инерціи, незначительнымъ пертурбативнымъ дѣйствіямъ и устанавливаетъ среднее стремленіе къ центру. Но даже, если и не предположить существованія такого груза, на который мы и не имѣемъ доказательства; и потому, если допустимъ въ полной мѣрѣ общее непостоянство равновѣсія: то періодичность пертурбативныхъ причинъ даетъ достаточную поруку въ сохраненіи колецъ. Это совершается почти точно также (употребимъ сравненіе самое простое, но такое, которое ближе всего представляется для изъясненія этого явленія), какъ привычная рука удерживаетъ на одномъ пальцѣ длинную палку, въ вертикальномъ положеніи, безпрерывнымъ и почти незамѣтнымъ измѣненіемъ опорной точки. Какъ бы то ни было, а изслѣдованное наблюденіемъ колебаніе центровъ колецъ около центра планеты, есть самое ясное доказательство постоянной борьбы между противуположными дѣйствіями, весьма слабыми, изъ которыхъ одно нарушаетъ, а другое сохраняетъ равновѣсіе: и эта борьба достаточна къ тому, чтобы не допустить совершеннаго разрушенія.

445) Здѣсь можно еще замѣтить, что малѣйшая разность въ скорости, между тѣломъ и кольцами, необходимо должна бросить послѣднія на первое, такъ чтобы они не могли отдѣлиться (потому, что въ такомъ случаѣ получили бы они положеніе постояннаго равновѣсія и сцѣпились бы самою крѣпкою силою). Слѣдовательно, движенія ихъ въ общей орбитѣ вкругъ солнца должны быть уравнены между собою внѣшнею силою, съ самою крайнею точностію; или, что кольца образовались вкругъ планеты въ то время, когда они были подвержены общему орбитному движенію и находились подъ полнымъ и свободнымъ вліяніемъ всѣхъ дѣйствующихъ силъ.

446) Кольца Сатурна должны представлять величественное явленіе, если смотрѣть отъ тѣхъ странъ планеты, которыя лежатъ на освѣщенной сторонѣ; они должны казаться великими дугами, пересѣкающими сводъ небесный отъ одного до другаго конца горизонта и сохранять притомъ неизмѣнное положеніе между звѣздами. — Напротивъ, 15 лѣтнее солнечное затмѣніе, въ странахъ подъ темною частью и въ тѣни колецъ, должно (по нашимъ понятіямъ) произвести не выгодное для обитанія пребываніе всѣмъ живымъ существамъ, не смотря на слабый свѣтъ, сообщаемый спутниками. Но можетъ быть, что обстоятельства, которыя ничего не представляютъ уму нашему кромѣ картинъ ужаса, на самомъ дѣлѣ таковы, что они-то именно и заключаютъ въ себѣ неизчерпаемый источникъ благосостоянія для живыхъ существъ.

447) Уранъ представляется намъ не болѣе, какъ небольшимъ, равномѣрно освѣщеннымъ кругомъ, безъ

колецъ, безъ поясовъ и безъ примѣтныхъ пятенъ. Видимый его діаметръ около 4";больше этого онъ никогда почти не бываетъ по причинѣ незначительности нашей орбиты въ сравненіи съ его орбитою. Истинный его діаметръ около 35,000 миль и объемъ его больше объема земли въ 80 разъ. Онъ имѣетъ не меньше двухъ спутниковъ; но, быть-можетъ, ихъ есть пять или шесть: въ ихъ орбитахъ (какъ будетъ показано въ слѣдующей главѣ) есть замѣчательныя особенности.

448) Ежели безмѣрное разстояніе Урана лишаетъ насъ всей надежды дойти до познанія объ его физическомъ состояніи: то малость четырехъ внѣзодіакальныхъ планетъ не меньше полагаетъ препятствія въ томъ, чтобы узнать то, что до нихъ касается. Одна изъ нихъ, Паллада, имѣетъ, кажется, туманный, мрачный видъ, показывающій обширную, парообразную атмосферу, которая слабо сжимается несоразмѣрнымъ тяготѣніемъ такой незначительной массы. Должно полагать, что всѣ замѣчательныя особенности этихъ планетъ произтекаютъ именно отъ этой незначительности ихъ массы. Человѣкъ, поставленный на одной изъ нихъ, съ легкостью скакнетъ 60 футъ въ вышину и потерпитъ сотрясеніе при паденіи небольше, какъ если бы на землѣ упалъ онъ съ вышины трехъ футовъ. На такихъ планетахъ могутъ существовать гиганты и тѣ огромныя животныя, которыя на землѣ могутъ жить только въ водахъ, чтобы поддерживаться въ своей тяжести; а тамъ они могутъ жить на сушѣ. Но такимъ предположеніямъ, пожалуй, не будетъ и конца

449) Мы кончимъ эту главу объясненіемъ относительныхъ размѣреній и разстояній тѣлъ, составляю-

щихъ нашу систему. Употребимъ для этого сравненія и мѣры, болѣе намъ знакомыя. Представимъ себѣ ровное горизонтальное поле или лугъ. На немъ поставимъ шаръ въ два фута въ діаметрѣ: онъ будетъ солнце; Меркурій изобразится горчичнымъ зерномъ, имѣя для орбиты окружность круга въ 164 фута въ діаметрѣ; Венера изобразится горошиной на окружности 284 футъ въ діаметрѣ; земля также горошиной на кругѣ въ 430 футъ; Марсъ—большой булавочной головкой на кругѣ въ 654 фута; Юнона, Церера, Веста и Паллада-песчинками, въ орбитахъ отъ 1000 до 1200 футъ; Юпитеръ будетъ какъ умѣренной величины апельсинъ, на кругѣ почти въ полмили; Сатурнъ- большею сливою на кругѣ въ четыре пятыхъ мили; и Уранъ-большою вишнею на кругѣ болѣе полуторыхъ миль въ діаметрѣ. Мы остережемся дать точнѣйшія понятія о семъ предметѣ посредствомъ черченія круговъ на бумагѣ или, что еще смѣшнѣе, посредствомъ дѣтскихъ игрушекъ, называемыхъ *планетными*. Если хотимъ сдѣлать подражаніе движеніямъ планетъ въ ихъ орбитахъ: Меркурій долженъ описать длину своего діаметра, въ 41 секунду; Венера въ 4м. 14с.; Земля въ 7м; Марсъ въ 4м. 48с.; Юпитеръ въ 2ч. 56м.; Сатурнъ въ 3ч. 13м., и Уранъ въ 2ч. 16м..

ГЛАВА IX.

О СПУТНИКАХЪ.

О лунѣ, какъ спутникѣ земли. — Общая близость спутниковъ къ ихъ главнымъ планетамъ и происходящая оттуда подчиненность ихъ движеній. Массы планетъ, вычисленныя на основаніи періодовъ ихъ спутниковъ. Новое проявленіе Кеплерова закона во второстепенныхъ системахъ. О юпитеровыхъ спутникахъ. Ихъ закрытія и проч. Быстрота свѣта, вычисляемая по среднимъ ихъ закрытіямъ. Спутники Сатурна и Урана.

---

450) Земля, въ годовомъ вращеніи своемъ около солнца, постоянно сопровождается своимъ спутникомъ, луною, которая вращается около нея, или, лучше, обѣ онѣ вращаются вкругъ общаго центра тяготѣнія. Ежели говорить строго, то ни то ни другое изъ этихъ тѣлъ, но ихъ общій центръ движется по эллиптической орбитѣ, не подчиняясь вліянію ихъ взаимныхъ притяженій. Это подобно тому, какъ еслибы бросили мы на воздухъ большой и малый камни: центръ тяжести двухъ камней опишетъ параболу, какъ будто бы онъ былъ какая нибудь матеріальная точка,

подверженная дѣйствію земнаго тяготѣнія, а камни будутъ вращаться одинъ около другаго, или вокругъ ихъ общаго центра тяжести, смотря по тому, какъ мы станемъ смотрѣть на этотъ предметъ.

451) Если мы начертимъ кривую, дѣйствительно описанную центромъ земли или центромъ луны въ силу этого сложнаго движенія: то она окажется не точнымъ эллипсомъ, но волнистою кривою, подобною той, какая изображена на фигурѣ въ статьѣ 272; съ тою разностью, что число изгибовъ въ цѣломъ вращеніи будетъ не больше 13, и дѣйствительныя уклоненія отъ общаго эллипса, служащаго для кривой центральною линіею, сравнительно гораздо менѣе, и такъ малы, что каждая часть описанной землею или луною кривой будетъ впалою къ солнцу. Отступленія земли по каждую сторону эллипса такъ малы, что съ трудомъ можно ихъ примѣтить. Дѣйствительно, центръ тяготѣнія земли и луны лежитъ всегда внутри поверхности земли, такъ что мѣсячная орбита, описанная земнымъ центромъ около общаго центра тяготѣнія, заключена въ пространство, которое меньше самой величины земли. — При всемъ томъ, происходитъ отсюда параллактическое перемѣщеніе солнца въ долготѣ, извѣстное подъ названіемъ: *мѣсячнаго уравненія*; но оно во всякомъ случаѣ меньше горизонтальнаго параллакса, т. е. меньше 8°, 6.

452) Какъ мы уже видѣли, что центръ луны удаленъ отъ земли на 60 радіусовъ ея величины: то приближеніе ея къ центру притяженія гораздо больше,

чѣмъ приближеніе планетъ къ солнцу; потому что Меркурій, самая ближайшая планета къ центру солнца, отстоитъ отъ него на 84 солнечнаго радіуса, а Уранъ на 2026; эта именно близость причиною, что луна связана съ землею, какъ ея спутникъ. Если бы она была дальше, то сила земнаго притяженія не въ состояніи была бы произвести то ускоренія то отставанія въ движеніи ея около солнца и лишить ее свойства независимой планеты. Тогда одна изъ нихъ опережала бы другую въ своихъ вращеніяхъ около солнца (въ силу третьяго Кеплерова закона), смотря по относительнымъ размѣреніямъ геліоцентрическихъ орбитъ; и послѣ этого все вліяніе земли заключалось бы въ томъ, что она производила бы нѣкоторую значительную, періодическую пертурбацію въ движеніи луны, когда эта послѣдняя приходитъ въ соединеніе, при каждомъ синодическомъ вращеніи.

453) На томъ разстояніи, въ какомъ луна находится отъ насъ, тяготѣніе ея къ землѣ дѣйствительно менѣе, чѣмъ къ солнцу. Это ясно вытекаетъ изъ того, о чемъ мы уже сказали, именно—что *истинный* путь луны, даже когда проходитъ между землею и солнцемъ, *имѣетъ всегда свою впалую сторону къ солнцу.* Но это еще будетъ яснѣе, если по извѣстнымъ періодическимъ временамъ *), въ которыя земля соверша-

---

*) R и V пусть будутъ радіусы обѣихъ орбитъ (если полагать ихъ круглыми), P и p періодическія времена: тогда искомыя дуги (A и a) будутъ содержаться между со-

етъ свою годовую, а луна мѣсячную орбиту, и изъ размѣреній сихъ орбитъ, мы вычислимъ величину уклоненія для каждаго изъ этихъ тѣлъ отъ тангенса, въ ровные и притомъ кратчайшіе промежутки времени, какъ, на примѣръ, чрезъ секунду: найденныя уклоненія будутъ синусы — версусы описанныхъ дугъ обѣихъ орбитъ въ это время; они же дадутъ мѣру силъ, которыя ихъ производятъ. Если мы сдѣлаемъ вычисленіе, то найдемъ, что напряженія этихъ двухъ силъ, изъ которыхъ одна, большая, удерживаетъ землю въ ея орбитѣ около солнца, а другая, меньшая, удерживаетъ луну въ ея орбитѣ около земли, относятся между собою, какъ 2,209: 1.

454) Солнце удалено отъ земли въ 400 разъ далѣе, чѣмъ луна; и какъ тяготѣніе увеличивается по мѣрѣ уменьшенія квадратовъ разстояній, то слѣдуетъ, что при равныхъ разстояніяхъ напряженіе тяготѣнія солнечнаго превосходитъ земное тяготѣніе въ такомъ же отношеніи, какъ увеличено содержаніе 400 къ 1; т. е. въ содержаніи или отношеніи 354936 къ 1. И если мы допустимъ, что величина притягательной силы соразмѣряется съ массою притягаемаго

бою какъ $\frac{R}{P}$ къ $\frac{v}{p}$; но синусы версусы находятся въ прямомъ содержаніи квадратовъ дугъ и въ обратномъ содержаніи радіусовъ: слѣдственно отношеніе $\frac{R}{P^2}$ къ $\frac{v}{p^2}$ будетъ тоже, что и отношеніе синусовъ версусовъ, или центральныхъ силъ.

тѣла, то должны также допустить, что масса земли не больше какъ $\frac{1}{354936}$ массы солнца.

455) Это доказательство въ существѣ своемъ есть не что иное, какъ повтореніе того, что было сказано въ Главѣ VII, статьѣ 380. Но здѣсь оно повторено для того, что бы показать: какимъ образомъ масса планеты, имѣющей одного спутника или болѣе, можетъ быть сравниваема съ массою солнца, въ томъ однако предположеніи, что извѣстны уже намъ изъ наблюденій какъ размѣренія описанныхъ планетою орбитъ около солнца, такъ и орбитъ, описанныхъ спутниками около планеты, равно какъ и періоды, въ которые эти орбиты описаны. Такимъ способомъ опредѣлены массы Юпитера, Сатурна и Урана (смотр. Синопт. табл.).

456) Юпитеръ, какъ выше было сказано, сопровождется четырьмя спутниками; Сатурнъ—семью; Уранъ непремѣнно двумя, а, можетъ быть, и шестью. Эти спутники со своими планетами образуютъ въ маломъ видѣ системы, которыя въ общихъ законахъ ихъ движеній совершенно сходны съ большою системою, въ которой солнце занимаетъ главное мѣсто, а планеты — его спутники. Каждая изъ этихъ малыхъ системъ подчинена законамъ Кеплера въ той же мѣрѣ, какъ эти законы дѣйствуютъ въ планетной системѣ т. е. приближенно, не касаясь дѣйствія взаимной пертурбаціи нли внѣшнихъ вліяній на систему, для этой примѣтной, хотя и малой поправки, которая происходитъ отъ эллептичества центральнаго тѣла. Орбиты ихъ суть круги или эллипсы, имѣющіе чрезвычайно малую эксцен-

тренность; фокусъ ихъ занимаетъ главная планета; около главныхъ планетъ спутники описываютъ пространства почти пропорціональныя временамъ, и квадраты періодическихъ временъ всѣхъ спутниковъ, принадлежащихъ каждой планетѣ, содержатся между собою, какъ кубы ихъ разстояній. Таблицы, при концѣ нашего сочиненія, въ синоптической формѣ представляютъ разстоянія и періоды различныхъ системъ, какъ они теперь извѣстны. Замѣчанія, которыя мы сдѣлали касательно близости луны и земли, имѣютъ свое приложеніе и къ спутникамъ другихъ планетъ.

457) Изъ всѣхъ этихъ системъ, только одна система Юпитера была изучаема съ большимъ вниманіемъ, — частію по причинѣ значительной яркости четырехъ его спутниковъ, круги которыхъ получаютъ достаточную для измѣреній величину въ сильныхъ телескопахъ, — но особенно по причинѣ ихъ закрытій или затмѣній, которыя, случаясь весьма часто, и будучи удобно наблюдаемы, служатъ очень удобными знаками для опредѣленія земныхъ долготъ (218). Этотъ способъ опредѣленія, до введенія удобнѣйшихъ и точнѣйшихъ лунныхъ наблюденій, (стат. 219) былъ единственнымъ и лучшимъ способомъ, на которомъ можно было основаться при опредѣленіи отдаленныхъ мѣстъ и по прошествіи большихъ промежутковъ.

458) Спутники Юпитера вращаются отъ Запада къ Востоку (подобно планетамъ и лунѣ) въ плоскостяхъ, весьма близко, хотя и не точно, совмѣщающихся съ плоскостью экватора планеты или параллельно

къ его поясамъ. Экваторъ планеты наклоненъ къ ея орбитѣ подъ угломъ 3° 5′ 30″, и слѣдственно немного разнится отъ плоскости эклиптики, По этому, мы видимъ, что орбиты ихъ спутниковъ проэктируются, слѣдуя почти прямымъ линіямъ, въ которыхъ они видимо колеблются назадъ и впередъ, иногда проходя впереди Юпитера, и бросая тѣнь на его кругъ (что̀ очень хорошо различается въ хорошіе телескопы), а иногда изчезая позади круга, и затмѣваясь въ его тѣни, на нѣкоторомъ отъ него разстояніи. Эти самыя затмѣнія даютъ точныя данныя для составленія таблицъ движеній спутниковъ, а также и знаки для опредѣленій разности долготъ.

459) Затмѣнія Юпитеровыхъ спутниковъ, говоря вообще, совершенно сходны съ луннымъ затмѣніемъ; но въ частностяхъ много отъ него разнятся. Такъ какъ Юпитеръ гораздо дальше отстоитъ отъ солнца чѣмъ земля, и чрезвычайно великъ; то конусъ его тѣни (стат. 555) гораздо шире и длиннѣе. Притомъ спутники движутся вокругъ Юпитера въ такихъ орбитахъ, которыя гораздо меньше наклонены къ эклиптикѣ этой планеты и имѣютъ гораздо меньшія размѣренія, по сравненію съ размѣреніями главной планеты, чѣмъ луна относительно земли. По всѣмъ этимъ обстоятельствамъ, три внутренніе спутника Юпитера, проходятъ черезъ тѣнь и при каждомъ вращеніи совершенно затмѣваются; четвертый же, орбита котораго нѣсколько больше наклонена, иногда избѣгаетъ затмѣнія и касается только конуса тѣни, получая частное затмѣніе. Но это бываетъ весьма рѣдко и, говоря вообще,

затмѣнія его случаются, какъ и у прочихъ спутниковъ, при каждомъ вращеніи.

460) Притомъ, эти затмѣнія не бываютъ видимы отъ центра движеній затмѣваемаго тѣла, но отъ точки отдаленной, положеніе которой относительно конуса тѣни бываетъ перемѣнное. Это, очевидно, не имѣетъ вліянія на разность во временахъ затмѣнія, но только на условія ихъ видимости и на ихъ видимыя положенія въ отношеніи къ планетѣ въ моментъ входовъ и выходовъ изъ тѣни. (фиг. 60)

461) Положимъ, что S есть солнце,(фиг.) E земля въ ея орбитѣ EFGK, I Юпитеръ, и ab орбита одного изъ его спутниковъ. По этому, конусъ тѣни будетъ имѣть своею вершиною X, точку, которая гораздо дальше всѣхъ орбитъ спутниковъ; и полутѣнь, по причинѣ чрезвычайно большаго разстоянія солнца и естественной незначительности угла, который составляетъ оно у поверхности Юпитера, едва достигаетъ внутрь границъ орбитъ спутниковъ, на самое малое разстояніе отъ тѣни; — почему она и не представлена на фигурѣ. Спутникъ, вращающійся отъ Запада къ Востоку (по направленію стрѣлки) затмится, когда онъ войдетъ въ тѣнь *a*, но не вдругъ: потому что, подобно лунѣ, онъ имѣетъ значительной діаметръ, если смотрѣть отъ планеты; такъ что время отъ перваго видимаго затмѣнія свѣта до совершеннаго его скрытія будетъ то, которое требуется, чтобы описать около Юпитера уголъ, равный видимому его діаметру, если смотрѣть отъ центра планеты, — или даже не много до-

лѣе, по причинѣ полутѣни. То же самое замѣчаніе примѣняется къ выходу его въ *b*. Но такъ сила телескоповъ и глазъ различна, то невозможно опредѣлить истиннаго момента совершеннаго изчезанія или закрытія въ *a*, а также и момента перваго появленія свѣта или полнаго освѣщенія въ *b*; по этому, наблюденіе затмѣнія, въ которомъ видны только входъ или выходъ спутника, не будетъ совершеннымъ и не можетъ дать точныхъ свѣденій ни для теоріи ни для практики. Но когда то и другое т. е. входъ и выходъ, могутъ быть наблюдаемы однимъ и тѣмъже телескопомъ и наблюдателемъ, тогда промежутокъ временъ даетъ продолжительность, а среднее промежутка даетъ точное среднее затмѣнія, т. е. тотъ моментъ, когда спутникъ находится въ линіи SIX въ противустояніи съ солнцемъ; такія, и именно только такія наблюденія полезны для опредѣленій періодовъ и другихъ особенностей движеній спутниковъ, и доставляютъ существенную пользу для вычисленія долготъ мѣста. Только замѣтимъ, что промежутокъ между затмѣніями даетъ синодическіе періоды спутниковъ; откуда и сидерическіе періоды можно вывести по способу, указанному въ статьѣ 353.

562) При первомъ взглядѣ на нашу фигуру открывается, что затмѣнія случаются къ Западу отъ планеты, когда и земля бываетъ также къ Западу отъ линіи SI т. е. прежде, чѣмъ она случится въ противустояніи съ Юпитеромъ; и наоборотъ, случаются къ Востоку, когда земля находится въ другой части орбиты, т. е. послѣ противустоянія. — По мѣрѣ приближенія земли къ противустоянію, линія видѣнія болѣе и болѣе совмѣщается съ направленіемъ тѣни, и видимое мѣсто, въ которомъ должно случиться затмѣніе,

безпрерывно станетъ приближаться къ самой планетѣ. Когда земля дойдетъ до F, точки опредѣлительной подъ тѣмъ условіемъ, что линія dF касается тѣла планеты, тогда выходы перестаютъ быть видимы; они случаются отъ того на равное разстояніе по другой сторонѣ противустоянія позади планетнаго круга. Когда земля доходитъ до G или H, тогда входъ или выходъ случается на самомъ краю видимаго круга; а когда находится между G и H, на пространствѣ очень маломъ, тогда спутники проходятъ, не затмившись, позади планетнаго круга.

463) Когда спутникъ доходитъ до *m*, тогда тѣнь его проэктируется на Юпитерѣ, и кажется движущеюся поперегъ его, въ видѣ чернаго пятна, пока спутникъ дойдетъ до *n*. Но самый спутникъ не представляется входящимъ на кругъ до тѣхъ поръ, какъ взойдетъ до линіи, проведенной отъ E къ восточному краю круга и не оставитъ его тогда, какъ достигнетъ подобной линіи, проведенной къ западному краю. Отсюда видно, что тѣнь предшествуетъ спутнику на пути по кругу, или слѣдуетъ за нимъ, смотря потому, когда затмѣніе случается — прежде или послѣ противустоянія. При этихъ прохожденіяхъ спутниковъ, наблюдаемыхъ большими телескопами съ чрезвычайною точностью, весьма часто случается, что самый спутникъ видѣнъ бываетъ на кругѣ свѣтлымъ пятномъ, какъ бы проэктированный на темномъ грунтѣ; а иногда темнымъ пятномъ, которое имѣетъ величину меньше точки. Это примѣчательмое явленіе, которое наблюдаемо было Шрётеромъ и Гардингомъ, привело къ заключенію, что нѣкоторые спутники имѣютъ иногда на собственныхъ тѣлахъ, или въ атмосферѣ, тем-

ныя, большаго размѣра пятна. Мы говоримъ — большаго размѣра; потому что хотя спутники Юпитера и кажутся намъ малыми, но на самомъ дѣлѣ они суть тѣла значительной величины, какъ слѣдующая таблица показываетъ. (*)

	средній видим. діамет.	Діаметръ въ миляхъ.	массы.
Юпитеръ.	38″, 327.	87000.	1.0000000.
1. Спутникъ.	1″, 105.	2508.	0,0000173.
2. Спутникъ.	0, 911.	2068.	0,0000232.
3. Спутникъ.	1, 488.	3377.	0,0000885.
4. Спутникъ.	1, 273.	2890.	0,0000427.

464) Между первыми тремя спутниками Юпитера находится весьма замѣчательное сродство въ ихъ среднихъ угловыхъ движеніяхъ. Ежели среднюю угловую скорость перваго спутника придадимъ къ скорости третьяго, взятой дважды, то сумма будетъ равна скорости втораго спутника, взятой трижды. Изъ этого отношенія слѣдуетъ, что если изъ средней долготы перваго спутника, придавной къ скорости третьяго, взятой въ два раза, вычтется скорость втораго, взятая втрое, то остатокъ всегда будетъ одинъ и тотъ же, *постоянный*; и наблюденіями дознано, что этотъ

(*) Струве, Mem. Astron. Soc. III, 301, и Лапласъ, Méc. Cél., кн. VIII, § 27.

постоянный остатокъ (константъ) есть 180° или два прямыхъ угла; такъ что если будутъ даны какіе нибудь два изъ нихъ, то третій найдется. Теорія тяготѣнія старалась изъяснять этотъ примѣчательный фактъ взаимнымъ дѣйствіемъ спутниковъ; но получено одно замѣчательное слѣдствіе, именно — что эти три спутника не могутъ быть затмѣваемы вдругъ; потому что, въ слѣдствіе упомянутаго выше сродства, когда второй и третій спутники лежатъ по одному и тому же направленію отъ центра т. е. въ соединеніи, тогда первый долженъ находиться въ противустояніи, и обратно. По этому, когда первый затемненъ, остальные два должны лежать между солнцемъ и планетой, бросая свою тѣнь на кругъ, и обратно. Сколько я запомню, извѣстенъ одинъ только случай, когда Юпитеръ былъ видѣнъ вовсе безъ спутниковъ Г-мъ Молино, Ноября 2 ст. ст. 1681 *).

465) Открытіе Юпитеровыхъ спутниковъ Галилеемъ есть одинъ изъ первыхъ плодовъ изобрѣтенія телескоповъ, и составляетъ важнѣйшую эпоху въ исторіи Астрономіи. Первое астрономическое рѣшеніе самой важной задачи *о долготѣ*, задачи, которая есть одна изъ самыхъ нужныхъ для человѣчества, между всѣми тѣми задачами, которыя можно рѣшить по строгимъ началамъ науки, — это рѣшеніе возъимѣло прочное начало непосредственно отъ сего открытія. Рѣшительное принятіе Коперниковой системы также можетъ быть отъ части приписано открытію и изуче-

*) Оптика Г. Молино, стр. 271.

нію этой системы въ маломъ видѣ, въ которой законы планетныхъ движеній, определенные Кеплеромъ, и особливо тотъ, который соединяетъ періоды съ разстояніями, были скоро узнаны и повѣрены удовлетворительнымъ образомъ. Наконецъ, къ увеличенію историческаго интереса этого предмета, найдено, что наблюденіямъ затмѣній спутниковъ Юпитера мы обязаны чрезвычайно важнымъ открытіемъ *аберраціи свѣта* и происходящаго оттуда опредѣленія его удивительной скорости: это намъ случится еще изъяснить подробнѣе.

466) Такъ какъ земная орбита единоцентренна съ орбитою Юпитера и находится внутри ея (смотр. фиг. ст. 460): то взаимное ихъ разстояніе безпрерывно перемѣняется, простираясь отъ суммы до разности обѣихъ орбитъ; а разность большаго разстоянія равняется діаметру земной орбиты. Ремеръ (Датскій Астрономъ) при сравненіи наблюденій затмѣній спутниковъ Юпитера въ продолженіи многихъ послѣдовательныхъ годовъ, замѣтилъ въ 1675, что затмѣнія около противустоянія Юпитера и въ самое это время, (въ точкѣ ближайшей отъ земли) случались слишкомъ рано т. е. раньше того, какъ можно было ему ожидать по вычисленіямъ, основаннымъ на среднемъ изъ наблюденій; между тѣмъ какъ въ эпоху, когда земля находится въ самой отдаленной части своей орбиты отъ Юпитера, затмѣнія случались всегда позже. Сообразивъ погрѣшность наблюденія въ вычисленныхъ временахъ съ перемѣною разстоянія, онъ заключилъ, что, дабы сдѣлать вычисленіе на среднемъ періодѣ согласномъ съ фактомъ, должно было допустить количество времени пропорці-

онально избытку разстоянія Юпитера отъ земли — болѣе или менѣе средней его величины, и такое, чтобы разность въ разстояніи одного діаметра земной орбиты соотвѣтствовала 16м. 26с., 6. — Размышляя о физической причинѣ, онъ естественно долженъ былъ предполагать, что разпространеніе или пробѣганіе свѣта вмѣсто незапнаго, бываетъ послѣдовательное, постепенное. Это изъяснило всѣ особенности явленія; но скорость свѣта (192,000 мил. въ секунду) была такъ велика, что это изумило многихъ и во всякомъ случаѣ требовало подтвержденія. Но когда Брадлей открылъ аберрацію въ элементахъ; то въ этомъ явленіи не осталось ничего сомнительнаго (стат. 275). Скорость свѣта, выведенная изъ его аберраціи, разнится только осьмидесятою частью отъ скорости, полученной изъ затмѣній; и эта разность безъ сомнѣнія уничтожится, при точнѣйшихъ наблюденіяхъ и вычисленіяхъ.

467) Орбиты спутниковъ Юпитера имѣютъ только нѣкоторую эксцентренность: въ двухъ внутреннихъ спутникахъ она даже почти не замѣтна. Взаимныя ихъ дѣйствія производятъ пертурбаціи, подобныя тѣмъ, которымъ подвержены планеты при вращеніи ихъ около солнца; онѣ были тщательно изслѣдованы Лапласомъ и другими. Строгими наблюденіями опредѣлено, что эти спутники подвержены замѣтнымъ перемѣнамъ относительно яркости, и что эти перемѣны случаются періодически, смотря по положенію ихъ въ отношеніи къ солнцу. Отсюда, кажется, справедливо заключили, что они вращаются на своихъ осяхъ подобно нашей лунѣ, въ періодахъ, относительно равныхъ сидерическимъ вращеніямъ около Юпитера.

468) Спутники Сатурна были изслѣдованы меньше спутниковъ Юпитера. Отдаленнѣйшій отъ Сатурна есть самый большой и, вѣроятно, не многимъ менѣе Марса; орбита его также много наклонена къ плоскости кольца, что почти согласуется со всѣми остальными. Теорія одного этого спутника была изслѣдована достаточно для того, чтобы увѣриться въ Кеплеровомъ законѣ о періодическихъ временахъ, имѣющихъ мѣсто mutatis mutandis какъ въ этой такъ и въ Юпитеровой системѣ, при тѣхъ же ограниченіяхъ. Этотъ спутникъ, подобно Юпитеровымъ, имѣетъ періодическія измѣненія свѣта, которыя доказываютъ вращенія его около своей оси въ тоже самое время, какъ совершаетъ звѣздный періодъ около Сатурна. Слѣдующій спутникъ (по порядку, считая къ планетѣ) довольно яркъ; три слѣдующіе очень малы и требуютъ довольно сильныхъ телескоповъ, чтобы ихъ разсмотрѣть; между тѣмъ какъ два внутренніе спутника, почти касающіеся края кольца и двигающіеся точно въ его плоскости, никогда не бываютъ видимы, развѣ только въ самые большіе телескопы, какіе до сихъ поръ были сдѣланы; да и то развѣ при особливыхъ обстоятельствахъ. Во время изчезанія кольца они были видимы *) въ обыкновенные телескопы, подобными скользящему бисеру изъ за безконечно тонкой полосы свѣта, въ которую кольцо тогда было приведено; видно было, что они удаля-

*) Моимъ отцемъ, въ 1789 году, въ зеркальный телескопъ, 4 фута въ отверстіи.

лись отъ этой полосы, только на самое короткое время, а потомъ съ поспѣшностью скрывались за ней, чтобы скрыться опять надолго. — По причинѣ косвенности кольца и орбитъ спутниковъ Сатурна въ отношеніи къ его эклиптикѣ, затмѣнія этихъ спутниковъ не бываетъ (исключая внутренній), докуда кольцо видно ребромъ.

469) Кромѣ двухъ внутреннихъ спутниковъ Сатурна, спутники Урана представляютъ въ нашей системѣ предметы, самые трудные для разсмотрѣнія. Два спутника существуютъ навѣрно, а существованіе еще четырехъ предполагаютъ. Эти два спутника представляютъ замѣчательныя и совершенно неожиданныя особенности. Въ противность общей аналогіи, существующей во всей нашей системѣ и въ спутникахъ и планетахъ, плоскости ихъ орбитъ почти перпендикулярны къ эклиптикѣ и наклонены къ ней не менѣе 78°, 58′; и притомъ движенія ихъ въ этихъ орбитахъ — *отступательныя*; т. е. ежели точки, которыя они занимаютъ въ пространствѣ, мы проэктируемъ на эклиптикѣ, то точки проэкціи, вмѣсто движенія отъ Западу къ Востоку вкругъ центра своей планеты, какъ это бываетъ со всякою другою планетою и спутникомъ, будутъ двигаться въ противную сторону. Орбиты ихъ кругообразны или почти кругообразны; и не замѣчено, чтобы онѣ имѣли значительное или по крайней мѣрѣ быстрое движеніе узловъ, или чтобы имѣли существенную перемѣну въ наклоненіяхъ, въ продолже-

ніе по крайней мѣрѣ половины вращенія ихъ планеты вкругъ солнца *).

---

*) Эти исключительности, которыя случаются на крайнихъ предѣлахъ нашей системы, какъ бы для того, чтобы приготовить насъ къ дальнѣйшимъ уклоненіямъ отъ всякой аналогіи въ другихъ системахъ, до сихъ поръ были основаны на одномъ свидѣтельствѣ того, кто открылъ этихъ спутниковъ, и который одинъ могъ видѣть ихъ. Я счастливъ, что могу подтвердить по собственнымъ моимъ наблюденіямъ 1828 до нынѣшняго времени всѣ выводы, найденные отцемъ моимъ.

ГЛАВА X.

О КОМЕТАХЪ

Великое число кометъ, которыя до сихъ поръ стали извѣстны. Число не открытыхъ еще кометъ вѣроятно гораздо больше. Описаніе кометы. Кометы, не имѣющія хвостовъ. Увеличеніе и уменьшеніе хвоста. Движенія кометъ. Онѣ подчинены общему закону планетныхъ движеній. Элементы ихъ орбитъ. Періодическое вращеніе нѣкоторыхъ кометъ. — Комета Галлея — Энке — Біэла. Величина кометъ. Сопротивленіе, которому онѣ подвергаются со стороны эѳира. Поспѣшное изчезаніе и вѣроятное уничтоженіе въ пространствѣ.

(470) Необыкновенное яленіе кометъ, ихъ быстрыя и повидимому неправильныя движенія, неожиданное ихъ появленіе и поразительныя размѣры, съ которыми они иногда являются, во всѣ времена дѣлали ихъ для простолюдиновъ предметомъ удивленія и предвѣстниками несчастій, и загадкою для тѣхъ, кто болѣе знакомъ съ чудесами творенія и дѣйствіемъ естественныхъ причинъ. Даже теперь, когда мы уже перестали считать ихъ движенія неправильными, и когда полагаемъ, что они управляются тѣмиже законами, которые удерживаютъ планеты въ ихъ орбитахъ, — настоящее ихъ

свойство и роль, какую они играютъ въ нашей системѣ, столько же мало извѣстны, какъ и прежде. До сихъ поръ еще не было представлено достаточное основаніе или даже вѣроподобное истолкованіе о тѣхъ необъятно великихъ, если можно сказать, прибавленіяхъ, которыя они влекутъ за собою, и которыя извѣстны подъ именемъ *хвостовъ* (хотя и несправедливо, потому что они часто предшествуютъ кометамъ въ ихъ движеній) и о многихъ другихъ особенностяхъ.

(471) Число кометъ, которыя были астрономически наблюдаемы, или о которыхъ упоминается въ Исторіи, весьма велико, такъ что простирается до нѣсколькихъ сотъ (*); и если мы подумаемъ, что въ первыя времена Астрономіи и даже во времена новѣйшія, до изобрѣтенія телескоповъ, только одни большія кометы были замѣчаемы; и что когда было обращаемо на нихъ надлежащее вниманіе, то рѣдко проходилъ годъ, въ которомъ бы не было замѣчено одно или два такихъ тѣла, и что иногда два и даже три являлись вдругъ: послѣ этого легко себѣ вообразить, что настоящее ихъ число должно простираться до нѣсколькихъ тысячъ. Множество кометъ избѣгаетъ нашихъ наблюденій, потому что пути ихъ пересѣкаютъ ту часть неба, которая лежитъ надъ горизонтомъ въ дневное время. Такія кометы мо-

(*) Смотр. каталоги въ Алмагестѣ Риччіоли, въ Кометографіи Пингрэ; въ Астрономіи Деламбра часть III; Astronomische Abhandlungen N I, содержащій элементы всѣхъ кометныхъ орбитъ, вычисленныя до 1825; также каталогъ теперь печатаемый Гуссейномъ. (Hussey).

гутъ быть видны только при полномъ солнечномъ затмѣніи, которое случается весьма рѣдко: такое затмѣніи было, какъ говоритъ Сенека, за 60 лѣтъ до Р. Х., когда большая комета была дѣйствительно видна по близости солнца. Таковы были кометы 1402 и 1532 годовъ, какъ и та, которая явилась не задолго до убіенія Юлія Цесаря и которая, какъ послѣ говорили, предвѣщала его смерть.

(472) Что чувство страха и удивленія раждается при незапномъ появленіи большой кометы, — это ни сколько неудивительно; потому что онѣ дѣйствительно, судя по описанію такихъ событій, изъ всѣхъ естественныхъ явленій суть явленія самыя величественныя и поразительныя. Кометы по большей части состоятъ изъ обширной, яркой, но худо окраенной, и туманной массы свѣта, которая называется головой кометы: она обыкновенно ближе къ центру, имѣетъ ярчайтій свѣтъ и представляется свѣтящимъ ядромъ, подобнымъ звѣздѣ или планетѣ. Отъ головы, по направленію противному тому, въ которомъ находится солнце отъ кометы, изливаются два потока свѣта, которые въ нѣкоторомъ разстояніи отъ ядра становятся шире и разливаются, а иногда съуживаются въ небольтомъ отъ головы разстояніи; иногда же они отдѣляются другъ отъ друга на большомъ пространствѣ своего хода, производя явленіе, сходное съ тѣми слѣдами, которые оставляютъ яркіе метеоры или ракеты (только безъ искръ и примѣтнаго движенія): это — хвостъ. Такія величественныя *прибавленія* къ кометамъ иногда принимаютъ необычайную видимую длину. Аристотель упоминаетъ о хвостѣ кометы (въ 371 до Р. Х.), который занималъ

треть небеснаго свода или 60°. Комета, явившаяся въ 1618 году, имѣла хвостъ въ 104° длины. Комета 1680 года есть самая извѣстная въ новѣйшія времена, и по многимъ отношеніямъ самая замѣчательная: она, имѣя голову небольше звѣзды второй величины, покрывала своимъ хвостомъ пространство неба больше 70° или, какъ нѣкоторые говорятъ, даже до 90°. На фигурѣ 2-й, листѣ II, представлено вѣрное изображеніе кометы 1819 года, которая была не изъ самыхъ большихъ, но послѣдняя изъ тѣхъ, которыя видны были простымъ глазомъ.

(473) Однако хвостъ не есть непремѣнный спутникъ кометы: нѣкоторыя изъ нихъ, и притомъ самыя яркія имѣли короткіе и довольно темные хвосты; а нѣкоторыя и вовсе ихъ не имѣли. Кометы 1585 и 1763 годовъ не представляли признаковъ хвоста; и Кассини описываетъ комету 1682 года столь же яркою и круглою, какъ Юпитеръ. Съ другой стороны бывали также кометы, имѣвшія нѣсколько хвостовъ, или какъ бы изливавшія потоки свѣта. Комета 1774 имѣла ихъ не менѣе шести, разтянутыми подобно великому хвосту павлина на разстояніи около 30° въ длину. Хвосты кометъ весьма часто имѣютъ кривой видъ, склоняясь по большей части въ ту сторону, которую оставляетъ комета, точно какъ бы хвостъ двигался не много медленнѣе, или находилъ сопротивленіе въ своемъ ходу.

(474) Меньшія кометы, такія, которыя видны только въ телескопы, или и простымъ глазомъ, но только съ трудомъ, и число которыхъ чрезвычайно велико, очень часто не показываютъ слѣдовъ хвоста, и кажутся только круглыми или нѣсколько овальными туман-

ными массами, болѣе плотными къ центру; но здѣсь они не имѣютъ примѣтнаго ядра или чего-нибудь похожаго на твердое тѣло. Звѣзды меньшихъ величинъ ясно видны, хотя покрыты частью вещества, плотнѣйшею состава кометы; и при всемъ томъ эти самыя звѣзды, при легчайшемъ туманѣ, простирающемся на нѣсколько метровъ отъ земли, совсѣмъ скрываются. — И такъ какъ наблюденіями дознано, что даже самыя большія кометы, показывавшія существованіе ядра, до сихъ поръ не представляли фазисовъ, не смотря на то, что онѣ безъ всякаго сомнѣнія свѣтятъ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ: то выходитъ, что и онѣ могутъ почесться великими массами тонкихъ паровъ, которые могутъ быть притянуты солнечными лучами и отражать ихъ во всѣхъ точкахъ, какъ со внѣшней, такъ и со внутренней стороны. Нельзя отнюдь считать этого изъясненія натянутымъ или принуждемымъ, и не должно прибѣгать къ фосфорическому качеству самой кометы, чтобы изъяснить это явленіе, какъ скоро мы обратимъ вниманіе (что будетъ послѣ показано) на необычайную величину освѣщеннаго пространства и чрезвычайно малую массу, какую можно приписать этимъ тѣламъ. И такъ очевидно, что самое легкое облако, плавающее въ высшихъ странахъ нашей атмосферы и кажущееся при захожденіи солнца освѣщеннымъ во всю его глубину, и какъ бы въ зазженномъ состояніи безъ всякой тѣни или темноты, можетъ почесться плотнымъ тѣломъ въ сравненіи со сквозными составами кометъ. Когда разсматриваютъ ихъ въ сильные телескопы, то уничтожается всякое предположеніе на счетъ твердости плотнѣйщей части головы, которая просто-

му глазу кажется *ядромъ*. Впрочемъ въ нѣкоторыхъ была замѣчаема самая малая, звѣздообразная точка, показывавшая существованіе твердаго тѣла.

(475) По всей вѣроятности, необыкновенное распространеніе кометныхъ атмосферъ должно приписать слабой собирательной силѣ средоточной ихъ массы, которой притяженіе не можетъ достаточно противодѣйствовать эластичеству ихъ гасообразныхъ частей. Если бы земля, сохранивъ настоящій свой объемъ, какимъ нибудь внутреннимъ переворотомъ (на пр. уничтоженіемъ центральныхъ силъ), въ тысячу разъ уменьшилась въ своей массѣ: то собирательная сила уменьшилась бы въ этой же самой пропорціи и слѣдственно атмосфера ея заняла бы пространство въ тысячу разъ большее противъ настоящей своей величины; даже могло бы произойти гораздо большее расширеніе по причинѣ уменьшенія тяжести съ удаленіемъ отъ ея центра.

(476) Что освѣщенная часть кометы похожа на нѣкоторый родъ дыма или тумана, или облака, находящагося въ прозрачной атмосферѣ: это слѣдуетъ изъ того факта, о которомъ часто было говорено, т. е. что часть хвоста, соединяющаяся съ головой, отдѣлена промежуткомъ меньше освѣщеннымъ, точно какъ бы она была удерживаема отъ соприкосновенія какимъ нибудь прозрачнымъ слоемъ, подобно тому, какъ мы часто видимъ одинъ слой облаковъ, лежащихъ на другомъ, со значительнымъ между ними разстояніемъ. Такіе и многіе другіе факты, извѣстные въ исторіи кометъ, показываютъ, что устройство ихъ, видимое въ разрѣзѣ по направленію ихъ длины, должно быть подобно пустой

оболочкѣ параболической формы, которая содержитъ у ея вершины ядро или голову, почти такъ, какъ изображено на приложенной фигурѣ (фиг. 61) Это объясняетъ причину видимаго раздѣленія хвоста на двѣ главныя боковыя вѣтви, систему видимыхъ лучей, черезъ которую мы видимъ каждый край, когда онъ направленъ косвенно къ оболочкѣ: ото посылаетъ глазу свѣтъ отъ чрезвычайной густоты освѣщенной матеріи. Надобно думать, что кометы составлены весьма различно и между ними могутъ находиться тѣла, совершенно отличнаго отъ нихъ физическаго устройства.

(477) Мы теперь будемъ говорить о движеніи кометъ, которое, по видимому, весьма неправильно и не постоянно. Иногда онѣ остаются въ виду нѣсколько дней; въ другое время цѣлые мѣсяцы; иныя двигаются чрезвычайно тихо, другія съ необычайною быстротою; часто опять случается, что таже комета въ различныхъ частяхъ своего пути движется съ весьма неравномѣрною скоростью. Комета 1472 года описала въ однѣ сутки дугу на небѣ въ 120°. Иныя слѣдуютъ прямому, другія отступательному движенію; а иныя идутъ по извилистому, совершенно неправильному пути; онѣ не ограничиваются подобно планетамъ нѣкоторыми извѣстными предѣлами неба, но пробѣгаютъ всѣ части его. Перемѣна ихъ видимой величины, въ продолженіи ихъ видимости не менѣе замѣчательна, какъ и перемѣна скорости: иногда онѣ показываются подобно слабымъ, туманнымъ, медленно двигающимся веществамъ съ небольшими хвостами или во все безъ хвостовъ; но постепенно увеличиваются, ускоряютъ свое движеніе и выбрасываютъ изъ себя опять хвостъ, который увели-

чиваются въ длинѣ и яркости, до тѣхъ поръ, покуда (какъ обыкновенно случается въ подобныхъ случаяхъ) онѣ, приблизившись къ солнцу, изчезаютъ въ его лучахъ. Послѣ нѣкотораго времени, онѣ являются по другую сторону солнца, удаляясь сначала отъ него съ неимовѣрною быстротою; но она постепенно уменьшается. Всегда случается, что, когда кометы пройдутъ солнце, онѣ ярче свѣтятъ и хвосты ихъ достигаютъ въ это время самой большой длины, и тѣмъ ясно показываютъ, что за причину этого чрезвычайнаго истеченія должно быть принято дѣйствіе солнечныхъ лучей. По мѣрѣ удаленія отъ солнца, движеніе ихъ уменьшается; хвосты изчезаютъ или поглощаются головами, которыя сами постепенно слабѣютъ въ блескѣ и наконецъ совсѣмъ пропадаютъ, такъ что по большей части никогда не бываютъ видимы.

(478) Безъ теоріи тяготѣнія, загадка этихъ очевидно неправильныхъ движеній навсегда осталась бы нерѣшенною. Но Невтонъ доказалъ возможность описанія вкругъ солнца какого нибудь коническаго сѣченія тѣломъ, которое вращается подъ вліяніемъ этого закона, и тотчасъ увидѣлъ, что общее предложеніе закона тяготѣнія можно приложить къ орбитамъ кометъ; и великая комета 1680 года, одна изъ примѣчательнѣйшихъ какъ по ужасной длинѣ ея хвоста такъ и по необыкновенной близости ея къ солнцу (на одну шестую солнечнаго діаметра), доставила ему прекрасный случай для повѣрки своей теоріи. Успѣхъ былъ совершенный. Невтонъ опредѣлилъ, что комета сія описывала эллипсъ около солнца въ его фокусѣ, столь великой эксцентрен-

ности, что нельзя было отличить его отъ параболы (которая есть послѣдній, крайній предѣлъ эллипса, когда ось дѣлается безконечною); и что въ этой орбитѣ, пространства, описанныя около солнца, также какъ и въ планетныхъ эллипсахъ, были пропорціональны временамъ. Представленіе на такой орбитѣ видимыхъ движеній кометы, которая изблюдаема была на всемъ ея пути, найдено столько же совершеннымъ какъ и представленіе движеній планетъ по путямъ почти круглымъ. Съ того времени всѣми принято, что движенія кометъ управляются тѣми же самыми законами, какъ и движенія планетъ. Различіе состоитъ только въ чрезвычайной длинѣ эллипсовъ и въ отсутствіи всякихъ предѣловъ въ разсужденіи наклонности ихъ плоскостей къ плоскости эклиптики; — нельзя также сказать, чтобы движенія ихъ чаще направлены были отъ запада къ востоку, чѣмъ отъ востока къ западу, какъ это замѣчается надъ планетами.

(479) На основаніи общихъ законовъ движенія эллиптическаго или параболическаго, найти положеніе и размѣреніе эллипса или параболы, представляющее движеніе кометы, — это есть задача чистой Геометріи. Вообще для разрѣшенія этой задачи (которая однако весьма трудна) и для опредѣленія элементовъ орбиты довольно имѣть три полныхъ наблюденія прямыхъ восхожденій и склоненій кометы съ моментами ихъ временъ. Эти элементы состоятъ, mutatis mutandis, изъ тѣхъ же данныхъ, которыя нужны для вычисленія движенія планеты; когда эти послѣдніе элементы однажды опредѣлены, то весьма легко сравнить ихъ съ наблюденіями кометы, совершенно подобно тому, какъ было

показано въ статьѣ 426, и такимъ образомъ вдругъ привести ихъ въ точность и строго повѣрить тѣ общіе законы, на которыхъ всѣ эти вычисленія основаны.

(480) Найдено, что движенія большей части кометъ, довольно хорошо могутъ быть изображаемы параболическими орбитами, т. е. эллипсами, которыхъ оси безконечной длины, или, покрайней мѣрѣ, столько длинны, что не сдѣлается никакой замѣтной погрѣшности въ вычисленіи ихъ движеній, въ продолженіи ихъ видимости, если полагать ихъ дѣйствительно безконечными. Парабола есть такое коническое сѣченіе, которое можно почесть предѣломъ между эллипсомъ, который есть кривая, возвращающаяся сама къ себѣ, и между иперболой, которой вѣтви простираются въ безконечность. По этому, комета описывающая эллиптическую орбиту, какъ бы ни длина была ея ось, должна быть у солнца и потомъ опять возвратиться къ нему, если не потерпитъ перитубрацій, въ опредѣленный періодъ;— но ежели орбита ея иперболическаго свойства, то пройдя однажды перигелій, она никогда болѣе не можетъ придти въ предѣлы нашего наблюденія, но должна удалиться въ предѣлы другихъ системъ, или потеряться въ необъятности пространства. Очень мало открыто кометъ, движущихся по иперболамъ; большая часть ихъ движется по эллипсамъ. Только эти послѣднія, и подъ тѣмъ условіемъ, что орбиты ихъ не измѣняются притяженіемъ планетъ, должно считать постоянными членами нашей системы.

(481) Примѣчательнѣйшая изъ нихъ есть комета *Галлея*, такъ названная по имени знаменитаго Эдмунда Гал-

лея. Онъ, вычисливъ ея элементы изъ прохожденія перигелія въ 1682 году, — время, въ которое она явилась въ большемъ блескѣ и съ хвостомъ около 30° въ длину, заключилъ, что эта комета есть одна и таже съ бывшими кометами 1531 и 1607 годовъ: элементы послѣднихъ онъ также опредѣлилъ. Какъ промежутокъ между сими послѣдовательными явленіями былъ около 75 или 76 лѣтъ; то Галлей осмѣлился предсказать возвращеніе кометы въ 1759 году. Столь замѣчательное предсказаніе обратило на себя вниманіе всѣхъ Астрономовъ; и когда время приближалось: чрезвычайно стало любопытно узнать, не произвели ли большія планеты существеннаго вліянія на орбитное ея движеніе. Вычисленіе такого вліянія, на основаніи Невтонова закона тяготѣнія, была задача весьма трудная и многосложная; она предпринята и кончена Г. Клеро, который нашелъ, что притяженіе Сатурна произведетъ въ кометѣ опаздываніе около 100 дней, а притяженіе Юпитера не менѣе 518 дней, всего — 618 дней, которыми ожидаемое вращеніе и должно случиться позже противу того, когда бы не встрѣтилось такихъ постороннихъ дѣйствій, — и что ожидаемое прохожденіе перигелія случится въ 1759 году около средины Апрѣля или развѣ только мѣсяцомъ раньше или позже. Дѣйствительно оно случилось 12 Марта того года. Слѣдующее возвращеніе ея было вычислено Г. Дамоазо и Понткуланомъ, и предсказано первымъ 4-го, а послѣднимъ 7 Ноября 1835 года, а видимость ея въ нашей атмосферѣ опредѣдѣлена мѣсяцомъ или шестью недѣлями раньше. Такъ какъ она будетъ довольно отъ насъ близка, то вѣроятно, что она представится намъ въ блестящемъ видѣ,

хотя судя по постепенному уменьшенію видимой ея величины и длины хвоста со времени первыхъ упоминаемыхъ въ Исторіи явленій (1305 и 1456 и проч.), мы не можемъ ожидать одного изъ тѣхъ величественныхъ, странныхъ явленій, которыя наводили на нашихъ предковъ среднихъ вѣковъ страхъ и ужасъ.

(482) Недавно, періодическое возвращеніе двухъ другихъ кометъ было изслѣдовано на основаніи прежнихъ наблюденій; большая часть новыхъ появленій ихъ была предсказана и каждый разъ такія предсказанія въ точности сбывались. Первая изъ этихъ кометъ есть комета *Энке*, названная по имени Берлинскаго профессора Энке: онъ первый опредѣлилъ періодическое ея возвращеніе. Она вращается по эллипсу чрезвычайно эксцентренному, и наклоненному къ эклиптикѣ подъ угломъ около 13° 22′, въ короткій періодъ 1207 дней или около $3\frac{1}{3}$ лѣтъ. Это замѣчательное открытіе было сдѣлано въ 1819 году, при четвертомъ, извѣстномъ изъ Исторіи, ея появленіи. По вычисленію эллипса, Энке предсказалъ возвращеніе ея въ 1822 году; оно было наблюдаемо въ Параматтѣ, въ новомъ Южномъ Валлисѣ, Г. Рюмкеромъ: потому что въ Европѣ она не была видима. — Новыя появленія ея были предсказываемы и наблюдаемы на всѣхъ главныхъ обсерваторіяхъ обоихъ полушарій въ 1825, 1828, 1832, и 1835.

(483) Когда сравнили промежутки послѣдовательныхъ прохожденій этой кометы и взяли въ разсужденіе самымъ точнымъ образомъ всѣ пертубраціи отъ притяженія планетъ; тогда открылся весьма замѣчательный фактъ, что періоды постепенно умень-

щаются, или, другими словами, что среднее разстояніе отъ солнца или большая полуось, уменьшается медленно, но равномѣрно. Это, очевидно, есть тоже самое дѣйствіе, которое можетъ произойти отъ сопротивленія тонкой эѳирной среды, въ тѣхъ странахъ, въ которыхъ движется планета; ибо такое сопротивленіе, уменьшая скорость движенія кометы, уменьшитъ также и центробѣжную ея силу, а такимъ образомъ дастъ солнцу возможность притягивать ее къ себѣ ближе. Вотъ изъясненіе Г. Энке, которое, по непмѣнію другаго, всѣми принято. По этому, она должна совершенно уничтожиться, упавши на солнце, если еще прежде совсѣмъ не разсыплется: чего никакъ нельзя ожидать, если мы возьмемъ во вниманіе необыкновенную рѣдину ея состава и постепенное уменьшеніе ея блеска и величины.

(484) Другая комета, имѣющая короткій періодъ вращенія, недавно открытая, называется Біэловой, по имени Біэлы, въ Іозефштатѣ: онъ первый узналъ ея періодичество. Она есть одна и таже съ кометами, явившимися въ 1774, 1815 и проч., и описываетъ умѣренно эксцентренный свой эллипсъ около солнца въ 6¾ года; послѣднее появленіе ея было въ 1832 году; слѣдующее будетъ въ 1838 году. Это есть малая, не значащая комета, безъ хвоста и безъ всякаго видимаго твердаго ядра. Орбита ея случайнымъ образомъ пересѣкаетъ плоскость эклиптики близъ земной орбиты; и если бы земля во время этого прохожденія была однимъ мѣсяцомъ впереди настоящаго своего мѣста, то она прошла бы черезъ

комету: странная встрѣча, можетъ быть и небезопасная (*)!

(485) Кометы, проходя по близости планетъ, значительно бываютъ увлекаемы ими отъ своихъ путей, а иногда и вовсе перемѣняютъ свое направленіе. Это особенно относится къ Юпитеру, который, по какой-то непонятной причинѣ, всегда встрѣчается на пути кометъ постояннымъ препятствіемъ. Замѣчательная комета 1770 года, открытая Лекселемъ, должна вращаться по умѣренно эксцентренному эллипсу, въ періодъ времени около 5 лѣтъ. На этомъ основаніи и возвращеніе ея было предсказано; но оно не сбылось, потому что комета сія сошлась съ Юпитеровыми спутниками и была совершенно вытѣснена изъ ея орбиты притяженіемъ этой планеты въ гораздо большій эллипсъ. При этой странной встрѣчѣ, движеніе спутниковъ не потерпѣло ни малѣйшаго разстройства: ясное доказательство ничтожности кометной массы!

(*) Если вычисленія подтвердятъ фактъ, что и эта комета потерпѣла сопротивленіе, то изслѣдованіе періодическихъ кометъ будетъ предметъ чрезвычайно любопытный. Безъ сомнѣнія, ихъ откроютъ еще очень много и законы ихъ сопротивленія послужатъ къ рѣшенію многихъ вопросовъ, каковы напр. слѣдующіе: какой законъ плотности среды, которая представляетъ сопротивленіе кометамъ и окружаетъ солнце? Въ покоѣ ли эта среда или въ движеніи? Ежели въ движеніи, то по какому направленію оно происходитъ? Обращается ли эта среда вкругъ солнц, или прямо въ пространствѣ? Ежели вращеніе ея есть круговое, то въ какой плоскости оно совершается? Очевидно, что кру-

(486) Остается еще сказать нѣсколько словъ о дѣйствительныхъ размѣреніяхъ кометъ. Вычисленіе діаметра головы, длины и ширины хвоста, не представляетъ никакой трудности, какъ скоро элементы ихъ орбитъ однажды извѣстны: потому что изъ нихъ мы узнаемъ, въ какое угодно время, истинныя ихъ разстоянія отъ земли и дѣйствительное направленіе хвоста, который мы видимъ только укороченнымъ. Вычисленія, основанныя на сихъ началахъ, ведутъ насъ къ поразительной истинѣ, что кометы въ нашей системѣ суть самаго большаго *объема*. Размѣренія кометъ, надъ которыми были сдѣланы наблюденія, суть слѣдующія.

(487) Хвостъ великой кометы 1680 года тотчасъ послѣ прохожденія ея перигелія былъ найденъ Невтономъ неменѣе какъ 20.000.000 лигъ (90.000.000 Ит. миль) въ длину, и что на истеченіе его изъ ядра планеты потребно было только два дни: вѣрное доказательство, что истеченіе произошло дѣйствіемъ неимовѣрной си-

---

говое или вихреобразное движеніе эѳира произвело бы въ нѣкоторыхъ кометахъ ускореніе движенія а въ другихъ замедленіе, смотря по тому: движеніе ихъ, въ отношеніи вихреобразнаго движенія эѳира, будетъ прямое или отступательное. Ежели допустимъ, что пространство, прилежащее къ солнцу, наполнено матеріяльною жидкостію, то нельзя будетъ понять, чтобы движеніе въ этомъ пространствѣ планетъ, въ теченіе столь многихъ вѣковъ, не произвело въ жидкости нѣкоторой степени вращательности, по собственному ихъ направленію. Вотъ, можетъ быть, причина, отъ чего эта среда не производитъ значительнаго сопротивленія на движеніе планетъ.

лы, которая судя по направленію хвоста, должна проистекать изъ самаго солнца. Самая большая длина его простиралась до 41.000 000 лигъ (123,000,000 Ит. миль): это далеко превосходитъ разстояніе между солнцемъ и землею. Хвостъ кометы 1709 простирался до 16.000.000 лигъ (48,000,000 Ит. миль), а у великой кометы 1811 года до 36.000.000 лигъ (108,000,000 Ит. миль). Часть головы послѣдней кометы съ прозрачною атмосферическою оболочкою, которая отдѣляетъ ее отъ хвоста, имѣла 180.000 лигъ (540,000 ит. миль) въ діаметрѣ. Трудно вообразить, чтобы вещество, брошенное на такія ужасныя разстоянія, опять могло соединиться слабымъ притяженіемъ такого тѣла, каково комета. Это изъясняетъ быстрое увеличеніе и уменьшеніе такихъ хвостовъ, которые были часто наблюдаемы.

(488) Странное обстоятельство было замѣчаемо въ разсужденіи перемѣны размѣреній кометы Энке, въ ея приближеніи и удаленіи отъ солнца: именно, что истинный діаметръ видимой туманности, при приближеніи къ солнцу, быстро сокращается, а при удаленіи отъ солнца столько же быстро расширяется. Г. Вальцъ, вмѣстѣ съ другими учеными, замѣтившій сей фактъ, изъяснилъ его предположеніемъ дѣйствительнаго сжиманія объема отъ давленія эѳирной среды, которой плотность будьто бы увеличивается вблизи солнца. Однако весьма вѣроятно, что на самомъ дѣлѣ нѣтъ инаго сжиманія объема, кромѣ того, которое происходитъ отъ стеченія и растеченія различныхъ параболъ, описанныхъ каждою частицею при удаленіи отъ общаго центра; или, можетъ быть, замѣченныя разности происходятъ отъ перехода испаре-

ющихся частицъ изъ верхнихъ странъ прозрачной атмосферы въ состоянiе видимыхъ облаковъ и невидимыхъ гасовъ черезъ простое дѣйствiе тепла и холода. Но пора оставить предметъ, столько таинственный, и подающiй поводъ къ безконечнымъ, умозрительнымъ предположенiямъ.

ГЛАВА XI.

О ПЕРТУРБАЦІЯХЪ.

Изложеніе предмета. Предположеніе малыхъ движеній. Проблема о трехъ тѣлахъ. Опредѣленіе пертурбаціонныхъ силъ. Движеніе узловъ. Перемѣны наклоненій. Уравновѣшеніе, производимое въ цѣломъ вращеніи узла. Теорема Лагранжа о неподвижности наклоненій. Измѣненіе въ наклонности эклиптики. Упрежденіе равноденствій. Нутація. Теорема взаимныхъ потрясеній (вибрацій) системы. Теорія морскихъ приливовъ и отливовъ. Измѣненіе элементовъ планетныхъ орбитъ. Измѣненія періодическія и вѣковыя. Разсмотрѣніе пертурбаціонныхъ силъ въ отношеніи касательномъ и центральномъ. Дѣйствіе касательной силы 1) въ круговыхъ орбитахъ, 2) въ эллиптическихъ. Уравновѣшеніе дѣйствій. Близкая соизмѣримость среднихъ движеній. Изъясненіе великой неровности Юпитера и Сатурна. Неровность длиннаго періода Венеры и Земли. Лунное измѣненіе. Дѣйствіе центральной силы. Среднее вліяніе на періодъ и на размѣренія возмущенной орбиты. Измѣняемая часть въ этомъ вліяніи. Лунная эвекція. Вѣковое ускореніе луннаго движенія. Неизмѣняемость оси, и періодовъ. Теорія вѣковыхъ измѣненій ексцентренностей и перигелія. Движеніе лунныхъ апсидовъ. Теорема Лагранжа о неподвижности ексцентрицитетовъ. Нутація лунной орбиты. Пертурбація юпитеровыхъ спутниковъ.

(489) Во всемъ этомъ сочиненiи, мы нѣсколько разъ обращали вниманiе читателя на существованiе неровностей въ лунныхъ и планетныхъ движенiяхъ, которыя выходятъ изъ предѣла Кеплеровыхъ законовъ, и которыя служатъ какъ бы нѣкоторымъ дополненiемъ къ нимъ и такъ мало, съ перваго взгляда, подчинены общимъ законамъ небесныхъ движенiй, что для открытiя ихъ требовались наблюденiя, соглашенiе фактовъ съ теорiею, больше точныя и продолжительныя, чѣмъ какiя нужны для доказательства и повѣренiя эллиптической орбиты. Эти неровности въ Физической Астрономiи извѣстны подъ названiемъ *пертурбацiй*. (*) Въ разсужденiи главныхъ планетъ, онѣ происходятъ отъ взаимнаго притяженiя этихъ планетъ, разстроивающаго ихъ эллиптическiя движенiя вкругъ солнца; а въ спутникахъ онѣ происходятъ частiю отъ притяженiя другихъ спутниковъ *тойже самой* планеты, которое подобнымъ же образомъ разстроиваетъ эллиптическiя ихъ движенiя во кругъ общей ихъ главной планеты; а частiю — отъ неровнаго притяженiя солнца какъ на нихъ такъ и на главную планету. Хотя эти пертурбацiи незначительны и большею частiю въ короткiе перiоды времени незамѣтны; но накопляясь вѣками, нѣкоторыя изъ нихъ много измѣняютъ первоначальныя эллиптическiя отношенiя, такъ что одни и тѣже элементы планетныхъ орбитъ, весьма точно представлявшiя въ эту эпоху ихъ движенiя, послѣ продолжительнаго времени совершенно будутъ несогласны съ другою эпохою.

(*) Perturbatio, смущенiе, возмущенiе.

(490) Когда Невтонъ, на основаніи найденныхъ небесныхъ движеній, выводилъ законы всеобщаго тяготѣнія или силы, черезъ которую всѣ частицы вещества дѣйствуютъ одна на другую взаимно; тогда онъ замѣтилъ, что надобно измѣнять въ послѣдствіи полученные результаты, когда будемъ смотрѣть на солнце и главныя планеты, какъ на единственные центры притяженій. Чрезвычайная проницательность этого человѣка позволила ему замѣтить: какимъ образомъ многія изъ важнѣйшихъ лунныхъ неровностей происходятъ на основаніи одного и того же всеобщаго закона тяготѣнія и особливо обратное движеніе узловъ и прямое движеніе апсидовъ по орбитѣ. И ежели онъ не простеръ своихъ изслѣдованій на взаимныя пертурбаціи планетъ, то это произошло не отъ того, что онъ не имѣлъ понятія о подобныхъ пертурбаціяхъ, или не зналъ, что онѣ могли существовать и наконецъ произвести большіе перевороты въ дѣйствительномъ положеніи системы, но отъ несовершеннаго въ его время состоянія практической Астрономіи, которая и теперь еще не достигла такой точности, чтобы сдѣлать такого рода предположеніе совершенно практическимъ. Чего Невтонъ не успѣлъ пояснить; то преемники его довершили: и нынѣ нѣтъ ни одной пертурбаціи великой или малой, открытой наблюденіями, которой невозможно было бы вывести изъ его начала, заключающагося во взаимномъ притяженіи частей нашей системы, и о которой нельзя было бы дать точнаго отчета въ числахъ черезъ строгія вычисленія, согласныя съ началами Невтона.

(491) Эти вычисленія, чтобы имѣть въ нихъ успѣхъ, требуютъ глубокаго анализа: подробнее ука-

занiе ихъ несогласно съ планомъ нашего сочиненiя. Кто желаетъ ими заняться, тотъ долженъ приготовить себя обширными приготовительными науками и доходить до этого рода познанiя по степенямъ, которыхъ мы здѣсь указать не можемъ. Въ сей главѣ однако мы имѣемъ въ виду дать общее понятiе о свойствѣ и образѣ дѣйствiя пертурбацiонныхъ силъ; обозначить обстоятельства, которыя въ иныхъ случаяхъ даютъ характеръ этому дѣйствiю столько сильный, что оно нѣкоторымъ образомъ кажется изпровергающимъ равновѣсiе системы, между тѣмъ какъ въ другихъ, при всей своей напряженности, оно имѣетъ слѣдствiя уравновѣшивающiя и уничтожающiя себя взаимно: — наконецъ, изъяснить тѣ удивительные выводы касательно неподвижности нашей системы, до которыхъ Геометры были доведены, и которые подъ формою прекрасныхъ и чрезвычайно простыхъ математическихъ теоремъ заключаютъ въ себѣ исторiю прошедшаго и будущаго состоянiя планетной системы въ продоженiи вѣковъ, такъ что, взирая на предметъ съ этой точки зрѣнiя, мы не находимъ здѣсь ни начала ни конца.

(492) Если бы во вселенной не было другихъ тѣлъ кромѣ солнца и еще какой нибудь одной планеты, то эта послѣдняя описала бы правильный эллипсъ около перваго (или оба вкругъ общаго центра тяготѣнiя), и продолжала бы всегда вращаться по одной и тойже орбитѣ. Но какъ скоро мы придадимъ еще третье тѣло, то его притяженiе отвлечетъ оба остальныя изъ ихъ орбитъ, и дѣйствуя на нихъ неравномѣрно, разстроитъ взаимное ихъ отношенiе и прекратитъ строгую математическую точность эллиптическихъ ихъ

движеній одного около другаго или около какой нибудь неподвижной точки въ пространствѣ. Такимъ образомъ не все притяженіе приданнаго тѣла производитъ пертурбацію, но только разность его притяженій, которыми оно дѣйствуетъ на два первыя тѣла.

493) По сравненію съ солнцемъ, всѣ планеты чрезвычайно малы. Масса Юпитера, изъ всѣхъ самая значительная, не болѣе 1300 части массы солнца. По этому дѣйствія ихъ одной на другую, въ сравненіи съ центральною силою, весьма слабы, а съ тѣмъ вмѣстѣ и пертурбаціонныя силы пропорціонально незначительны. Что касается до спутниковъ; то главное тѣло, дѣйствіемъ котораго движенія ихъ нарушаются, есть самое солнце: масса его чрезвычайно велика, но его пертурбаціонное вліяніе необыкновенно уменьшается чрезвычайно близостію спутниковъ къ ихъ планетамъ, по сравненію съ разстояніемъ этихъ послѣднихъ отъ солнца; это дѣлаетъ *разность* въ притяженіяхъ солнца и на планету и на спутника, чрезвычайно малую, по сравненію съ ихъ дѣйствительною величиною. Самая большая часть солнечнаго притяженія, та, которая одинакова и для главной планеты и для второстепенной, стремится удержать какъ ту, такъ и другую, въ общей ихъ орбитѣ, въ общемъ ихъ вращеніи около солнца, препятствуя имъ разлучиться. Все остальное въ притяженія солнца есть пертурбаціонная сила. Средняя величина этого излишка, въ дѣйствіи на пертурбаціи луны, происходящія отъ солнца, вычислена Невтономъ, и простирается не болѣе дробной части $\frac{1}{638000}$

тяготѣнія на земной порехности, или $\frac{1}{113}$ главной силы, удерживающей луну въ ея орбитѣ.

494) Такъ какъ напряженія пертурбаціонныхъ силъ, по сравненію съ напряженіемъ силъ главныхъ, и происходящія оттуда дѣйствія ихъ чрезвычайно не значительны; то мы можемъ оцѣнить каждую изъ этихъ силъ отдѣльно, точно какъ бы другія силы во все не существовали, и не бояться ошибки въ выводахъ свыше обыкновенныхъ границъ приближенности. Въ Механикѣ есть законъ, прямо выходящій изъ первоначальныхъ отношеній между силами и тѣми движеніями, которыя онѣ производятъ, — такой законъ, что когда нѣсколько весьма малыхъ силъ вдругъ дѣйствуютъ на матеріальную систему, то общее ихъ дѣйствіе есть сумма или совокупность отдѣльныхъ дѣйствій, производимыхъ каждою силою въ отдѣльности, — по крайней мѣрѣ такъ, что первоначальное отношеніе частей системы значительно не измѣнится ихъ дѣйствіемъ. Вліяніе такихъ дѣйствій на великія движенія, происходящія отъ дѣйствія главныхъ силъ, можно сравнить съ незначительными рябинами, которыя происходятъ отъ многихъ перемѣнныхъ вѣтерковъ на большой, правильной зыби глубоко взволнованнаго океана: каждая изъ нихъ бѣжитъ по своему направленію независимо отъ другихъ. Но когда такихъ дѣйствій накопится много съ теченіемъ времени, такъ что они въ состояніи будутъ измѣнить первоначальныя отношенія системы, тогда происходитъ перемѣна въ дѣйствіяхъ, произведенныхъ гораздо позже тѣми же самыми причинами. Отсюда проистекаютъ тѣ неизмѣримо продолжительные періоды или циклы (круги), те-

орія которыхъ есть одна изъ самыхъ любопытныхъ въ Физической Астрономіи.

495) Итакъ, опредѣляя вліяніе пертурбаціонныхъ силъ многихъ тѣлъ, составлящихъ систему, въ которой одно изъ нихъ имѣетъ явный перевѣсъ надъ другими, мы не должны затрудняться опредѣленіемъ взаимнаго дѣйствія этихъ силъ, — развѣ только дѣло идетъ о самыхъ продолжительныхъ періодахъ времени, какъ, напримѣръ, о цѣлыхъ тысячахъ лѣтъ вращенія такихъ тѣлъ около общаго ихъ центра. И потому, хотя задача изслѣдованія пертурбацій въ какой нибудь системѣ, какъ на пр. въ нашей, дѣйствительно многосложна: но при этомъ основаніи, рѣшеніе ея можетъ зависѣть отъ разсмотрѣнія только *трехъ тѣлъ*: тѣла *центральнаго* или главнаго, тѣла — производящаго пертурбацію или *возмущающаго*, и тѣла, подверженнаго пертурбаціи или *возмущеннаго*; послѣдніе два могутъ перемѣниться въ названіяхъ, смотря потому, которое изъ нихъ будетъ предметомъ изслѣдованія.

496) Величина пертурбаціонной или возмутительной силы безпрерывно измѣняется, смотря по взаимному положенію возмущающаго и возмущеннаго тѣла въ отношеніи къ солнцу. — Если бы притяженіе возмущающаго тѣла *M* на центральное тѣло S, и возмущенное P (которыя для краткости мы будемъ называть M,S ,P) было равно и дѣйствовало по параллельнымъ линіямъ; то, какой бы впрочемъ ни былъ законъ ихъ измѣненія, встрѣтилась бы девіація, причиненная въ эллиптическомъ движеніи P около S или одного около

другаго. Этотъ случай подобенъ тому, который описанъ въ статьѣ 385. При такихъ обстоятельствахъ притяженіе *M* совершенно сходно въ своихъ дѣйствіяхъ съ земнымъ тяготѣніемъ, дѣйствующимъ по параллельнымъ линіямъ съ равною величиною какъ на большія такъ и на малыя тѣла. Но въ природѣ это не такъ. Все, что будетъ сказано въ послѣдующей статьѣ о возмутительномъ дѣйствіи солнца и луны, примѣняется, *mutatis mutandis* къ каждому роду пертурбаціи, и теперь мы приступимъ къ подробнѣйшему изложенію этого предмета.

497) Мы начнемъ съ того дѣйствія возмутительной силы, которое стремится увлечь возмущенное тѣло изъ плоскости, въ которой орбита его должна быть описана, если бы эта сила не существовала: подвергаясь этому дѣйствію, оно должно описывать кривую, въ которой нѣтъ такихъ двухъ послѣдовательныхъ частей или элементовъ, которые лежали бы въ одной плоскости; или, какъ Геометры называютъ, оно должно описывать кривую двоякой кривизны. Пусть будетъ APN орбита (фиг. 62), которую P, опишетъ безъ пертурбаціи вокругъ *S*; и положимъ, что тѣло это дойдетъ до *P* въ какой нибудь моментъ и опишетъ, не подвергаясь также пертурбаціи, въ слѣдующій моментъ дугу Pp, которая будучи продолжена по направленію касательной ея *PpR*, пересѣчетъ плоскость орбиты ML возмущающаго тѣла гдѣ нибудь на линіи узловъ SL, — на пр. въ R. Это такъ и было бы, если бы тѣло *M* не оказывало возмутительнаго дѣйствія. Но предположимъ, что оно его имѣетъ: и такъ

какъ въ этомъ случаѣ оно притягиваетъ оба тѣла S и P къ себѣ по направленіямъ, не совмѣщающимся съ плоскостью орбиты P, то заставитъ оба тѣла въ слѣдующій моментъ выдти изъ этой плоскости, но не одинаковымъ образомъ: 1) потому, что оно не дѣйствуетъ на тѣла по параллельнымъ линіямъ; 2) потому что, находясь въ неравномъ отъ *M* разстояніи, тѣла неравно имъ притягиваются, по закону всеобщаго тяготѣнія. Слѣдственно, не что иное, какъ разность этихъ притяженій причиною тому, что орбита P около S измѣняется, такъ что, если мы продолжимъ относить движеніе его къ S, какъ къ неподвижному центру, то пертурбаціонная часть дѣйствія M на P заставитъ его выдти изъ плоскости, PSN, и описать въ слѣдующій моментъ не дугу Pp, но дугу Pg, лежащую или выше или ниже Pp, смотря по величинѣ силъ, обнаруженныхъ *M* надъ P и S.

498) Возмутительная сила дѣйствуетъ въ плоскости треугольника SPM и можетъ быть разложена на двѣ другія силы: одна изъ нихъ влечетъ *P* по линіи SP и по этому увеличивается или уменьшается, смотря по дѣйствію прямаго притяженія S на P; другая направляется по линіи PK, параллельной SM, и можетъ быть почитаема за *притягивающую* P по направленію PK, или за *отталкивающую* въ противномъ направленіи; но должно имѣть въ виду, что эти послѣдніе термины имѣютъ только относительное значеніе, и могутъ быть допущены только тогда, какъ точка S принимается за неподвижную и когда все дѣйствіе пертурбаціонной силы отнесено къ P. Первая изъ этихъ силъ, дѣйствуя всег-

да въ плоскости движеній P, не можетъ увлечь его изъ этой плоскости; это можетъ произвести только послѣдняя сила и то не сполна; и чтобы опредѣлить это дѣйствіе, надобно прибѣгнуть къ новому разложенію силъ. Но это въ настоящемъ случаѣ не нужно, потому что предложенный здѣсь предметъ требуетъ только изъясненія: какимъ образомъ происходитъ движеніе узловъ, а не того, чтобы изслѣдована была величина этого движенія.

499) По соразположенію или по *конфигураціи*, представленной на фигурѣ, сила, дѣйствующая по направленію PK, есть сила притягательная; и какъ PK, параллельная SM, ниже плоскости орбиты P (если взять плоскость орбиты M за основную): то очевидно, что дуга Pq, описанная въ слѣдующій моментъ тѣломъ P при дѣйствіи пертурбаціи, должна лежать ниже Pp. Поэтому, когда продолжишь ее до пересѣченія съ плоскостью орбиты M, то она встрѣтитъ ее въ точкѣ r, позади R, и линія Sr, которая будетъ линіею пересѣченія плоскости SPq съ плоскостью орбиты M, (или новою линіею узловъ), упадетъ сзади SR, т. е. линіи узловъ, не подверженной пертурбаціи, такъ что линія узловъ отстанетъ угломъ RSr, если считать движенія отъ P къ M прямыми.

500) Положимъ теперь, что M, вмѣсто лѣвой, лежитъ по правую сторону линіи узловъ, а P удерживаетъ свое положеніе: тогда возмутительная сила по направленію PK будетъ возвышать P изъ его орбиты, чтобы поставить Pq выше Pp и r, впереди R. Въ

етомъ разположенiи узелъ будетъ *упреждать;* но коль скоро P пройдетъ узелъ и дойдетъ до нижней стороны орбиты M, то хотя останется тоже разположенiе силъ, и хотя Pq будетъ оставаться лежать выше Pp, но малая дуга Pq должна быть въ такомъ случаѣ продолжена въ противную сторону, чтобы встрѣтить нашу основную плоскость; и продолженная такимъ образомъ, она будетъ лежать ниже подобнаго же продолженiя дуги Pp, такъ что, теперь узелъ будетъ *отставать.*

501) Отсюда видимъ, что дѣйствiе возмутительной силы въ различныхъ положенiяхъ, принимаемыхъ тѣломъ P и M въ отношенiи къ узлу, содержитъ линiю узловъ въ безпрерывномъ колебательномъ движенiи назадъ и впередъ; такъ что ето движенiе будетъ рѣшительно упреждающее или оставающее смотря по перевѣсу случаевъ, способствующихъ упрежденiю или отставанiю при всѣхъ возможныхъ сорасположенiяхъ.

502) Ежели орбита M въ сравненiи съ орбитою P чрезвычайно велика, и столько велика, что MP безъ большой погрѣшности можетъ быть почитаема параллельною MS, какъ ето случается съ лунною орбитою, возмущенною дѣйствiемъ солнца: то послѣ того, какъ изслѣдованы будутъ всѣ возможныя разположенiя, и когда обращено будетъ надлежащее вниманiе на направленiе пертурбацiонной силы, не трудно усмотрѣть, что, при каждомъ полномъ вращенiи P, случаи, способствующiе обратному движенiю узла, превосходятъ тѣ, которые способствуютъ движенiя прямому; — и такъ случаи

отставанія объемлютъ обширнѣйшее пространство цѣлой орбиты, и соотвѣтствуютъ въ тоже время быстрѣйшему движенію по причинѣ большаго дѣйствія силы; а отсюда видно, что вообще, при каждомъ вращеніи луны около земли, узлы ея орбиты должны отставать по эклиптикѣ, согласно съ наблюденіями, со скоростью, измѣняющеюся отъ одной лунаціи до другой. Величина этого отставанія, вычисленная на основаніи точнаго опредѣленія всѣхъ дѣйствующихъ силъ, найдена въ совершенномъ согласіи съ тѣмъ, что выведено по наблюденіямъ; такъ что нельзя сомнѣваться въ справедливости того изъясненія, которое мы сдѣлали для этого явленія.

503) Теоретически говоря, мы не можемъ строго оцѣнить отставанія узловъ лунной орбиты на эклиптикѣ, если возмемъ только одно перемѣщеніе одной изъ этихъ плоскостей. Это явленіе многосложно: обѣ плоскости находятся въ движеніи по отношенію къ воображаемой, неподвижной эклиптикѣ; и чтобы понять сложное дѣйствіе, мы должны смотрѣть на землю, какъ на тѣло, возмущенное луною въ его вращеніи вкругъ солнца. Но по причинѣ чрезвычайнаго разстоянія солнца отъ луны, величина дѣйствія луннаго притяженія на это свѣтило совершенно ничтожна въ сравненіи съ дѣйствіемъ того же притяженія на землю; такъ что въ настоящемъ случаѣ пертурбаціонное дѣйствіе, которое есть разность луннаго притяженія на солнце и на землю, равно цѣлому притяженію луны на землю. Слѣдствіемъ этого дѣйствія бываетъ каждомѣсячное перемѣщеніе центра земли по ту и другую сторону эклип-

шаки, котораго величина легко вычисляется разсматриваніемъ общаго ихъ центра тяготѣнія, лежащаго почти на самой эклиптикѣ. Отсюда выходитъ, что искомое перемѣщеніе не можетъ быть свыше *малой дробной части* земнаго радіуса; и что по этому моментальное измѣненіе, отъ котораго зависитъ движеніе узла эклиптики по лунной орбитѣ, должно быть совершенно незначительнымъ.

504) Совсѣмъ иное со взаимнымъ дѣйствіемъ планетъ. Въ этомъ случаѣ, обѣ орбиты, какъ возмущающей такъ и возмущенной планеты, должны быть представлены въ движеніи. Изъ предложенныхъ выше теоретическихъ началъ можно видѣть, что дѣйствіе притяженія двухъ планетъ на орбиту всякой другой, производитъ въ нѣкоторыхъ извѣстныхъ сорасположеніяхъ отставаніе узла, и въ другихъ упрежденіе, такъ что при каждомъ полномъ вращеніи, окончательный выводъ можетъ выдти, какъ это бываетъ съ луною, равномѣрнымъ отставаніемъ узла одной орбиты по другой. Но такъ какъ это случается съ планетами, расположенными попарно: то движеніе, окончательно происходящее отъ совокупнаго ихъ дѣйствія на какую либо орбиту, если взять притомъ въ разсужденіе различныя положенія ихъ плоскостей, становится явленіемъ чрезвычайно многосложнымъ, котораго законы не такъ легко можно изъяснить на словахъ, тогда какъ Математическими знаками они выражаются удобно, будучи въ существѣ своемъ не болѣе, какъ Геометрическимъ выводомъ того, о чемъ уже было сказано.

505) Итакъ узлы всѣхъ планетныхъ орбитъ на *истинной* эклиптикѣ отстаютъ (весьма важное обстоятельство); но надобно твердо замѣтить, что этого отнюдь не бываетъ въ отношеніи къ неподвижной плоскости, неподверженной вліянію портурбаціонныхъ силъ. По наблюденіямъ мы знаемъ движенія планетной системы только по отношенію къ эклиптикѣ; и ежели захотимъ отнести ихъ къ умственной, неподвижной плоскости, тогда надобно непремѣнно имѣть въ виду измѣненіе самой эклиптики, произведенное общимъ дѣйствіемъ всѣхъ планетъ.

506) Такъ какъ массы планетъ незначительны, а разстоянія между ними велики: то вращенія ихъ узловъ чрезвычайно медленны—меньше одного градуса въ столѣтіе, а въ иныхъ случаяхъ даже меньше половины градуса. Очевидно, что въ отношеніи къ физическому состоянію каждой планеты положеніе ихъ узловъ не очень важно. Но совсѣмъ другое дѣло — касательно наклоненій ихъ орбитъ, какъ въ отношеніи одной къ другой такъ и къ экватору каждой планеты. Движеніе плоскости эклиптики, отъ котораго полюсъ ея долженъ перемѣнить свое разстояніе отъ полюса экватора, произвело бы измѣненіе во временахъ года. Если бы, на примѣръ, плоскость земной орбиты такъ перемѣнилась, что эклиптика совмѣстилась съ экваторомъ: тогда мы имѣли бы по всему земному шару безпрерывную весну; и напротивъ, еслибы она совмѣстилась съ мередіаномъ, тогда крайнія степени лѣта и зимы были бы несносны. По этому, изслѣдованіе перемѣны взаимныхъ наклоненій планетныхъ орбитъ, гораздо больше представляетъ

практической важности, чѣмъ опредѣленіе перемѣны ихъ узловъ.

507) Обратимъ вниманіе на фигуру въ статьѣ 497: очевидно, что плоскость SPqr, въ которой возмущенное тѣло движется въ продолженіи пути своего отъ точки P, имѣетъ наклоненіе къ орбитѣ M или къ неподвижной плоскости, отличное отъ наклоненія плоскости SPpR движенія невозмущеннаго. Уголъ, который составляютъ эти двѣ плоскости между собою, можно вычислить посредствомъ Сферической Тригонометріи, когда извѣстенъ уголъ RSr, или отставаніе узла, равно какъ и первоначальная наклонность орбитъ P и M. Отсюда мы заключаемъ, что между перемѣною наклоненія орбитъ и отставаніемъ узла существуетъ нѣкоторое близкое отношеніе, и что изслѣдованіе одной перемѣны связано съ изслѣдованіемъ другой. Это будетъ, конечно, яснѣе, если мы представимъ себѣ орбиту M не только линіею умственною, но дѣйствительнымъ кругообразнымъ или эллиптическимъ кольцомъ, изъ твердаго вещества, безъ инерціи, по которому, какъ по проволокѣ, подобно бисеру, тѣло P можетъ скользить. Очевидно, что положеніе сего кольца опредѣлится на какой угодно моментъ наклоненіемъ его основной плоскости, къ которой его отнесутъ, и мѣстомъ его пересѣченія съ этою плоскостью или узломъ. Оно также опредѣлится моментальнымъ направленіемъ движенія P, которому кольцо, не имѣя инерціи, подчиняется; и всякая перемѣна, которую тѣло P будетъ стремиться сдѣлать въ своей орбитѣ, будетъ равняться матері-

альному перемѣщенію цѣлаго кольца, и въ слѣдствіе этого перемѣщенія какъ наклоненіе такъ и узлы перемѣнятся.

508) Одно прямое заключеніе изъ того, что было выше сказано, есть слѣдующее: когда орбиты наклонены одна къ другой незначительно, какъ это случается въ планетной системѣ и съ луною, тогда моментальныя измѣненія наклоненія гораздо меньше, чѣмъ тѣ, которыя случаются въ узлахъ. Это будетъ очевидно, если взглянемъ только на фигуру: потому что уголъ RPr, по причинѣ незначительнаго наклоненія плоскостей SPR и RS, непремѣнно меньше угла RSr. По мѣрѣ того, какъ плоскости орбитъ приходятъ въ совмѣщеніе, самое незначительное угловое движеніе Pp около PS, какъ оси, произведетъ большое измѣненіе въ положеніи точки r, гдѣ продолженіе ея пересѣкаетъ основную плоскость.

509) Чтобы перейти отъ моментальныхъ перемѣнъ, случающихся въ природѣ, къ совокупнымъ дѣйствіямъ, происходящимъ въ большіе промежутки времени отъ постояннаго вліянія тѣхъ же причинъ, но при различныхъ обстоятельствахъ: должно прибѣгнуть къ интегральному изчисленію. Однако, не входя въ какія нибудь вычисленія, намъ не трудно будетъ показать немногими случаями различные способы дѣйствія, происходящіе отъ различія въ положеніи возмущающаго и возмущеннаго тѣла въ отношеніи одного къ другому и въ отношеніи къ узлу, и на этомъ основаніи показать два главныхъ пункта этой теоріи: 1) періо-

дическое свойство перемѣны и возстановленіе къ концу каждаго періода первоначальнаго наклоненія, и 2) незначительное пространство границъ, въ которыхъ наклоненія происходятъ.

510) Случай I. Возмущающее тѣло M (фиг. 63) находится по направленію, перпендикулярному къ линіи узловъ, или оно въ квадратурѣ съ узлами: M есть возмущающее тѣло, и SN линія узловъ; потому возмутительная сила будетъ дѣйствовать на P по направленію PK; она будетъ силою *притягательною*, когда P находится въ какой либо части полукруга HAN, будетъ силою *оттакливающего*, когда P находится въ противномъ полукружіи. Легко можно усмотрѣть, что сила эта въ A и B есть наибольшая или въ своемъ maximum, и въ H и N совершенно ничтожна. Посему въ цѣломъ полукружіи HAN линія Pq будетъ лежать ниже Pp; и ежели продолжимъ ее назадъ въ четверти HA и впередъ въ AN, то она пересѣчетъ кругъ SbNa, находящійся въ плоскости орбиты M, въ точкахъ позади узловъ SN, такъ что движеніе узловъ будетъ отступательное въ обоихъ случаяхъ. Но новое наклоненіе возмущенной орбиты въ первомъ случаѣ будетъ Pxa, а это менѣе PHa; въ послѣднемъ будетъ Pya, а это болѣе PNa. Въ другомъ полукружіи направленіе пертурбативной силы перемѣняется; но какъ движеніе P въ отношеніи къ плоскости орбиты M въ каждой четверти также превращается, то отсюда произойдутъ однѣ и тѣже перемѣны въ узлѣ и въ наклоненіи. При такомъ положеніи M, узлы отстаютъ въ продолженіи каждаго вращенія P; но наклоненіе уменьшается по всей четверти HA; увеличивается,

возрастая въ однихъ и тѣхъ же степеняхъ величины, въ четверти AN, снова уменьшается въ четверти Nb, и наконецъ возстановляется и принимаетъ первоначальную величину въ H. Ежели взять среднее изъ цѣлаго вращенія P, въ томъ предположеніи, что M неподвижно; то узлы будутъ отступать съ нѣкоторою скоростью, а наклоненіе не измѣнится.

511) Случай 2. Можно предположить, что возмущающее тѣло стоитъ неподвижно на линіи узловъ, или въ *сизигіи* съ узлами, какъ въ приложенной фигурѣ показано (фиг. 64). Въ этомъ положеніи направленіе пертурбаціонной силы, которая всегда паралельна SM, постоянно остается въ плоскости орбиты P и поэтому не производитъ ни перемѣны наклоненія ни движенія узловъ.

512) Случай 3. Поставимъ теперь тѣло M въ промежуточномъ положеніи и обозначимъ стрѣлками направленіе пертурбаціонныхъ силъ, которыя во всемъ полукружіи, лежащемъ къ сторонѣ M, будутъ притягательныя, а въ противномъ отталкивающія. Ясно, что разсужденіе, изъясненное въ статьѣ 510, можно приложить ко всей части орбиты, лежащей между T и N и между V и H: только слѣдствія будутъ обратныя, по причинѣ перемѣны направленія движенія относительно плоскости орбиты M, въ промежуткахъ HT и NV. Впрочемъ, въ этихъ послѣднихъ частяхъ орбиты возмутительная сила слабѣе, нежели въ другихъ, потому что она уничтожается въ линіи квадратуръ T,V, и достигаетъ своего maximum въ сизигіяхъ a,b, (фиг. 65). По

этому, узлы будутъ отставать быстро въ первыхъ промежуткахъ, и медленно ускорять въ послѣднихъ; но по мѣрѣ того, какъ N приближается къ a, возмутительная, пертурбаціонная сила, дѣйствуя косвенно въ плоскости орбиты P, опять уменьшается, такъ что наконецъ линія узловъ будетъ отступательная. Съ другой стороны, наклоненіе уменьшается въ продолженіи движенія P отъ i къ c, точкѣ, удаленной на 90° отъ узла; но оно увеличится не только въ продолженіи всего движенія по четверти cN, но и въ остальномъ вращеніи Nv: точно тоже и для другой половины. Такимъ образомъ для этого положенія M, произойдетъ отсюда наконецъ увеличеніе наклоненія въ каждомъ полномъ вращеніи P.

513) Но это увеличеніе переходитъ въ уменьшеніе, когда линія узловъ стоитъ по другую сторону SM, или въ четвертяхъ Vb, Ta; — продолжая все еще представлять себѣ M неподвижнымъ и приписывая перемѣну обстоятельствъ не движенію M, но движенію узла, мы очевидно усматриваемъ, что коль скоро линія узловъ въ отступательномъ своемъ движеніи прошла *a*, тогда всѣ обстоятельства принимаютъ совершенно обратный видъ и наклоненіе опять увеличивается въ каждомъ вращеніи, въ тѣхъ же самыхъ степеняхъ, взятыхъ обратно, которыми оно сначала уменьшалось. Отсюда слѣдуетъ, что *послѣ полнаго вращенія узла* наклоненіе приметъ первоначальное свое состояніе. Дѣйствительно, что касается до средняго дѣйствія на наклоненіе, то вмѣсто того, чтобы предполагать M въ одномъ и неподвижномъ положеніи, можно вообразить его

въ каждый моментъ раздѣленнымъ на четыре равныя части, находящіяся въ ровныхъ углахъ по ту и по другую сторону линіи узловъ: въ такомъ случаѣ ясно, что дѣйствіе однихъ двухъ частей въ точности уничтожено будетъ дѣйствіемъ двухъ остальныхъ въ каждомъ вращеніи P.

514) Въ разсужденіяхъ, которыя предложены выше, M предполагается въ покоѣ; но слѣдствія будутъ тѣже для среднихъ и окончательныхъ выводовъ, если предполагать его въ движеніи: потому что въ продолженіи вращенія узловъ (вращенія, которое, по причинѣ чрезвычайной медленности ихъ движенія относительно планетъ, очень продолжительно, простираясь по большей части до нѣсколькихъ сотъ столѣтій, а для луны не менѣе какъ 237 луннацій), возмущающее тѣло M, въ слѣдствіе собственнаго своего движенія, находится во всѣхъ возможныхъ положеніяхъ въ отношеніи къ линіи узловъ. Прежде, чѣмъ узелъ успѣетъ значительно перемѣнить свое положеніе, M совершаетъ даже полное вращеніе и возвращается на свое мѣсто: такъ что въ существѣ дѣла (исключая малую разность, происходящую отъ отставанія узла въ одномъ синодическомъ вращеніи M) мы можемъ почесть возмущающее тѣло занимающимъ въ каждый моментъ всякую точку орбиты или, лучше, равномѣрно раздѣленнымъ по всей окружности подобно твердому кольцу. Такимъ образомъ, уравновѣшеніе, которое, какъ мы показали, должно случиться при цѣломъ вращеніи узла, дѣйствительно случается при каждомъ синодическомъ періодѣ M, исключая только ту малую разность, которой причину мы сей часъ по-

казали. Одна эта разность, а не вся пертурбативная сила тѣла M, производитъ дѣйствительное измѣненіе въ наклоненіи, какъ въ лунной такъ и въ планетныхъ орбитахъ; и та же самая разность, остающаяся невознагражденною, отъ движенія M, въ свою очередь уравнивается движеніемъ узла, въ продолженіи цѣлаго вращенія.

515) По этому, очевидно, что совершенное измѣненіе планетныхъ наклоненій должно заключаться въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ. Геометры дѣйствительно доказали это предложеніе самымъ точнымъ разборомъ всѣхъ обстоятельствъ и вѣрнымъ изслѣдованіемъ всѣхъ дѣйствующихъ силъ. Послѣ сего, постоянство планетной системы, сколько это относится къ наклоненію орбитъ, не должно подлежать никакому сомнѣнію. Изысканіями Лагранжа (о которыхъ здѣсь невозможно дать понятія) доказана слѣдующая теорема: „*Ежели массу* „*каждой планеты умножимъ на квадратный корень* „*большей оси ея орбиты, а произведеніе на квадратъ* „*тангенса наклоненія ея къ неподвижной плоскости:* „*то сумма всѣхъ этихъ произведеній будетъ посто-* „*янно одна и таже подъ вліяніемъ ихъ взаимныхъ* „*притяженій*“. Ежели мы возьмемъ настоящее положеніе плоскости эклиптики за эту неподвижную плоскость (потому что эклиптика подобно другимъ орбитамъ измѣняется); то найдемъ, что сумма эта, дѣйствительно очень мала, и потому она всегда такою останется. Слѣдственно, эта замѣчательная теорема ручается только за постоянство орбитъ великихъ планетъ; но изъ того, что было сказано о стремленіи каж-

дой планеты производитъ уравновѣшеніе въ другихъ, выходитъ очевидно, что и меньшія планеты не лишены этого благодѣтельнаго стремленія.

516) Между тѣмъ, нѣтъ сомнѣнія, что плоскость эклиптики въ самомъ дѣлѣ измѣняется дѣйствіемъ планетъ. Величина этого измѣненія простирается до 48″ въ столѣтіе. Ее давно уже знали Астрономы по увеличенію широтъ всѣхъ звѣздъ въ извѣстныхъ странахъ неба, и по уменьшенію ихъ въ странахъ противоположныхъ. Отсюда выходитъ, что эклиптика ежегодно приближается къ совмѣщенію съ экваторомъ; но изъ того, что мы видѣли выше, заключаемъ, что это уменьшеніе наклонности эклиптики не превзойдетъ нѣкоторыхъ опредѣленныхъ границъ. Послѣ нѣкотораго необъятнаго періода вѣковъ, котораго продолжительность опредѣляется соединеніемъ пертубраціонныхъ дѣйствій всѣхъ планетъ, наклонность ея опять увеличится, и такимъ образомъ будетъ колебаться назадъ и впередъ вкругъ средняго положенія; величина этой девіаціи на ту и другую сторону менѣе 1° 21′.

517) Одно изъ дѣйствій этого измѣненія плоскости эклиптики, именно отставаніе ея узловъ на неподвижной плоскости, находится въ тѣсной связи съ упрежденіемъ равноденствій (статья 261), такъ что и отличать ихъ одно отъ другаго можно неиначе, какъ по началамъ теоріи. Однако это послѣднее явленіе происходитъ отъ другой причины, сходной, правда, въ общемъ смыслѣ съ тѣми причинами, которыя изъяснены выше, но имѣющей свой особенный характеръ по обстоятельствамъ, подъ вліяніемъ которыхъ она дѣйствуетъ. Мы постараемся изъяснить эту особенность, или подоимѣ-

неніе, сколько будетъ возможно безъ помощи аналитическихъ формулъ.

518) Упрежденіе равноденствій, какъ мы показали въ статьѣ 266, состоитъ въ безпрерывномъ отставаніи узла земнаго экватора по эклиптикѣ; и поэтому, очевидно, что оно есть дѣйствіе, сходное съ общимъ явленіемъ взаимныхъ отставаній узловъ орбитъ. Огромное разстояніе, въ которомъ планеты находятся отъ земли, и незначительность ихъ массъ по сравненію съ массою солнца, производятъ то, что дѣйствія планетъ на землю ничтожны, и потому мы должны искать изъясненія упрежденія равноденствій во вліяніи двухъ свѣтилъ: одного огромнаго, хотя и отдаленнаго т. е. во вліяніи солнца, и другаго близкаго, хотя и небольшаго т. е. луны. Послѣ этого мы откроемъ причину упрежденія, представивъ себѣ вмѣстѣ: движеніе вращенія земли около своей оси, и пертурбаціонное дѣйствіе сихъ двухъ свѣтилъ на вещественные слои, собранные около земнаго экватора, безъ которыхъ земля, конечно, имѣла бы видъ совершенно сферическій. Мы обязаны остроумію Невтона открытіемъ этого особеннаго образа дѣйствія.

519) Обратимся къ нашимъ фигурамъ (стат. 509, 510, 511) и положимъ, что вмѣсто одного тѣла P, вращающагося вкругъ S, будетъ собранъ рядъ частицъ несовокупимыхъ, и составляющихъ родъ жидкаго кольца, которое отъ всякаго дѣйствія силы способно перемѣнять свой видъ. Тогда, какъ это кольцо станетъ вращаться вкругъ S въ собственной своей плоскости, отъ пертурбаціоннаго вліянія отдаленнаго тѣла M (оно те-

перь изображаетъ луну или солнце; а P представляетъ одну изъ частицъ земнаго екватора), двѣ вещи случатся: 1) фигура кольца вмѣсто плоскости, какой бы то ни было, приметъ волнообразный видъ, тогда какъ части, лежащія между дугами Vc и Td (фиг. ст. 512), будутъ болѣе наклонны къ плоскости орбиты M, а тѣ, которыя лежатъ между дугами cT, dV, будутъ менѣе наклонны, на сколько бы то ни было; 2) узлы кольца, взятаго въ массѣ, не смотря на перемѣну его фигуры, всегда будутъ оставать на этой плоскости.

520) Но предположимъ, что это кольцо, вмѣсто того, чтобы состоять изъ разъединенныхъ частицъ, которыя могутъ двигаться свободно, состоитъ изъ твердаго вещества, которое не въ состояніи сгибаться подобно кольцу, о которомъ мы сказали въ статьѣ 507: очевидно, что напряженное дѣйствіе тѣхъ частицъ, которыя станутъ больше стремиться къ увеличенію наклоненія ихъ плоскостей, будутъ посредствомъ состава самаго кольца (какъ это бываетъ въ машинѣ или рычагѣ) противудѣйствовать силѣ тѣхъ частицъ, которыя имѣютъ въ томъ же моментъ противное стремленіе. Наклоненіе будетъ измѣняться, то въ ту, то въ другую сторону, смотря потому, на какой сторонѣ будетъ больше силъ; послѣ чего произойдетъ уравновѣшеніе при каждомъ вращеніи кольца, точно также, какъ мы показали это при разсмотрѣніи наклоненій въ каждомъ полномъ вращеніи одного возмущеннаго тѣла, подъ вліяніемъ другаго, возмущающаго, неподвижнаго.

521) Среднее движеніе узловъ такого твердаго кольца будетъ отступательное, потому что таково есть

общее и среднее стремленіе каждой изъ частицъ, его составляющихъ. Противныя дѣйствія частицъ, находящихся въ противоположныхъ обстоятельствахъ, произведутъ борьбу силъ, дѣйствующихъ на составъ кольца и такимъ образомъ установится въ каждый моментъ уравновѣшеніе, совершенно сходное съ тѣмъ, которое совершается въ полномъ вращеніи одного возмущеннаго тѣла. По этому, уравновѣшеніе во всякомъ случаѣ будетъ благопріятствовать отставанію узла, кромѣ того обстоятельства, когда возмущающее тѣло т. е. солнце или луна, будетъ находиться въ плоскости земнаго экватора: это относится къ ипотезѣ, изъясненной на фигурѣ въ статьѣ 511.

522) Такое умозаключеніе совершенно не зависитъ отъ причинъ, удерживающихъ вращеніе кольца. Можно предполагать, что эти частицы суть малые спутники, удерживаемые въ кругообразныхъ орбитахъ дѣйствіемъ равновѣсія притягательной и центробѣжной силъ, или что онѣ суть незначительныя массы, присоединенныя къ ряду воображаемыхъ спицовъ, какъ у колеса, котораго центръ въ S; что онѣ могутъ перемѣнять свои плоскости движеніемъ этихъ спицовъ, перпендикулярно къ плоскости колеса. Все это не дѣлаетъ ни какой разности въ общемъ дѣйствіи, хотя различныя скорости вращенія, которыя можно дать такой системѣ, могутъ и будутъ имѣть большое вліяніе на абсолютныя и относительныя величины двухъ дѣйствій, о которыхъ идетъ дѣло, т. е. движенія узловъ и перемѣны наклоненія. Это легко можно понять, если мы представимъ себѣ, что въ крайнемъ случаѣ, когда кольцо оставалось бы

безъ всякаго вращенія, отставанія узловъ не будетъ до тѣхъ поръ, пока M останется неподвижнымъ, а будетъ только стремленіе сдвинуть плоскость кольца вокругъ перпендикулярнаго діаметра къ SM, покуда эта линія SM не прйдетъ въ плоскость.

523) По этому, движеніе такого кольца, какъ мы разсматривали его въ отношеніи отставанія узловъ, совершенно сходно съ упрежденіемъ равноденствій, кромѣ того, что эти узлы будутъ отставать гораздо быстрѣе, чѣмъ наблюдаемое упрежденіе, которое происходитъ чрезвычайно медленно. Но теперь вообразимъ, что это кольцо нагружено сферическою массою, которая несравненно тяжелѣе самаго кольца, положена въ немъ единоцентренно и крѣпко съ нимъ соединена и притомъ безъ всякаго побужденія къ движенію; положимъ еще, что вмѣсто одного такого кольца, у экватора этого шара собрано множество частицъ, окружающихъ его такъ, чтобы произошла отъ нихъ эллиптическая возвышенность; что это множество частицъ окружаетъ экваторъ со всѣхъ сторонъ, но масса ихъ составляетъ только самую незначительную часть цѣлаго сфероида. Такимъ образомъ мы довольно близко представимъ себѣ происходящее въ природѣ (*); и очевидно, что когда

(*) Что совершенная сфера будетъ имѣть инерцію и не будетъ имѣть отставанія узловъ ея экватора отъ вліянія отдаленнаго, притягательнаго тѣла: это видно изъ того, что направленіе притяженія такого тѣла, или той силы, которая, бывъ противуставлена, уравновѣсила бы или уничто-

кольцо повлечетъ за собою во вращеніи узловъ эту огромную, бездѣйственную массу, тогда скорость отставанія пропорціонально этому будетъ уменьшаема; отсюда можно понять, какимъ образомъ можетъ имѣть мѣсто движеніе, подобное упрежденію равноденствій, котораго существенное свойство есть большая медленность.

324) Отставанію узла земнаго экватора, на данной плоскости, соотвѣтствуетъ коническое движеніе оси его вкругъ перпендикуляра къ этой плоскости. Только, въ настоящемъ случаѣ, эта плоскость не есть эклиптика, но лунная орбита для того момента, въ который наблюдаютъ пертурбативное дѣйствіе. Теперь можно спросить: какъ согласить это съ тѣмъ, что было сказано въ статьѣ 266, въ разсужденіи свойства движенія прецессіи или упрежденія? Мы отвѣчаемъ, что узлы лунной орбиты находятся въ безпрерывномъ и быстромъ отставаніи, между тѣмъ, какъ наклоненіе ея почти не измѣняется, и потому точка на сферѣ небесной, вкругъ которой полюсы земной оси вращаются съ медленностью, какая свойственна прецессіи, сама находит-

---

жила цѣлое его дѣйствіе, необходимо должно быть въ линіи, проходящей черезъ центръ сферы; и по этому, не имѣетъ стремленія вращать сферу въ какую либо сторону. Можно возразить, что вся сфера можетъ состоять изъ колецъ, параллельныхъ экватору, чрезвычайно различныхъ діаметровъ и что, по этому, узлы ея могли бы отставать безъ возвышенности на экваторѣ. Это возраженіе непра-

ся въ состояніи безпрерывнаго вращенія вкругъ полюсовъ эклиптики, и въ самомъ быстромъ движеніи, какое только свойственно луннымъ узламъ. Одинъ взглядъ на приложенную фигуру (фиг. 66) изъяснитъ это лучше, чѣмъ слова. P есть полюсъ эклиптики; A полюсъ лунной орбиты, описывающій малый кругъ ABCD въ 19 лѣтъ; *a* есть полюсъ земнаго экватора, который въ каждый моментъ имѣетъ направленіе, перпендикулярное къ измѣняющейся линіи Aa, равно какъ и скорость, зависящую отъ перемѣны напряженія дѣйствующихъ на него, пертурбативныхъ силъ въ продолженіи періода обращенія узловъ. Эта скорость однако весьма мала; и потому, когда A дойдетъ въ B, C, D, E, тогда линія Aa приметъ положенія Bb, Cc, Dd, Ee, и такимъ образомъ земной полюсъ *a*, въ одно тропическое вращеніе узла, дойдетъ до e, описавши не точно кругообразную дугу, но одинъ сгибъ или волнообразную эпициклоидальную кривую, abcde, со скоростью, попеременно болѣе или менѣе средняго ея движенія, и это повторится при каждомъ послѣдовательномъ вращеніи узла.

525) Но это точно такой же родъ движенія, которое, какъ мы видѣли въ статьѣ 272, полюсъ земнаго

вильно; впрочемъ предѣлы нашего сочиненія не позволяютъ намъ доказывать его невѣрность. Замѣтимъ однако вообще, что эти предметы болѣе всѣхъ другихъ динамическихъ предметовъ подвержены погрѣшностямъ такого рода, и что ни чѣмъ другимъ не можемъ открыть ихъ, какъ тщательнѣйшимъ вниманіемъ къ предмету и разсмотрѣніемъ его съ разныхъ сторонъ.

экватора дѣйствительно описываетъ кругъ полюса эклиптики въ слѣдствіе соединенныхъ дѣйствій прецессіи и нутаціи, о которыхъ мы тамъ дали уранографическое изтолкованіе. Если мы придадимъ къ дѣйствію лунной прецессіи еще дѣйствіе прецессіи солнечной, которая одна заставила бы полюсъ описать равномѣрный кругъ около P: то понятно, что это подѣйствуетъ на колебанія нашей волнистой кривой, разтягивая ее въ длину, но не производя дѣйствія на ширину ея или на удаленіе земной оси назадъ и впередъ отъ полюса эклиптики. Такимъ образомъ мы видимъ, что эти два явленія нутаціи и прецессіи тѣсно между собою связаны или, лучше, оба они составляютъ существенныя, составныя части одного и того же явленія. Почти не нужно упоминать, что строгій разборъ этой великой задачи, сдѣланный черезъ разсмотрѣніе всѣхъ дѣйствующихъ силъ и черезъ совокупленіе ихъ динамическихъ дѣйствій, усвоаетъ коэффиціентамъ прецессіи и нутаціи тѣ же самыя величины, которыя извѣстны изъ наблюденій. Солнечная и лунная части прецессіи и нутаціи, т. е. среднія части ихъ находятся между собою въ содержаніи около 2 къ 5.

526) Въ нутаціи земной оси мы имѣемъ примѣръ (первый, какой только въ этомъ родѣ намъ представляется) періодическаго движенія въ одной части системы, производящаго движеніе, имѣющее тотъ же точно періодъ въ другой. Движеніе лунныхъ узловъ здѣсь представлено, хотя подъ другимъ видомъ, но въ тоже точно періодическое время, подъ видомъ особеннаго колебательнаго рода движенія, дѣйствующаго на твердую мас-

су земли. Мы не должны пропустить здѣсь случай объяснить начало, отъ котораго зависитъ нашъ выводъ. Это начало, которое встрѣчается безпрестанно въ физической Астрономіи, и есть одно и тоже во всѣхъ отраслахъ естественныхъ наукъ, можетъ быть названо началомъ или *теоріею колебаній* или *зависимыхъ вибрацій*, и выражено такимъ образомъ: *Ежели въ системѣ, которой части связаны между собою какими нибудь матеріальными узами, или взаимнымъ своимъ притяженіемъ ея членовъ, одна часть ея безпрерывно сохраняется какою либо причиною, находящеюся въ составѣ самой системы, или внѣ ея, въ состояніи правильнаго періодическаго движенія: то это движеніе будетъ разпространяться по всей системѣ и производить въ каждой части, въ каждомъ членѣ ея, періодическія движенія, которыхъ періоды будутъ тѣже самые, что и въ движеніи, отъ котораго они произошли, хотя они и не будутъ необходимо современны, и ихъ моменты максима и минима можетъ быть не совпадутъ между собою* (*). Устройство системы можетъ быть благопріятно или неблагопріятно для допущенія такихъ періодическихъ движеній, или можетъ быть благопріятно въ однихъ частяхъ и неблагопріятно въ другихъ. Слѣ-

---

(*) Доказательство на эту теорему, касающуюся *зависимыхъ вибрацій* системы, которой части связаны матеріальными узами не совершенно эластическими, можно найти въ сочиненіи *о звукѣ* (Encycl. metrop, cm. 523). Доказательство это легко можно приложить и къ другимъ системамъ.

довательно, *производныя* колебанія будутъ непримѣтны въ нѣкоторыхъ случаяхъ, а въ другихъ будутъ имѣть значительную величину, а иногда могутъ быть значительнѣе и тѣхъ даже колебаній, отъ которыхъ произошли. Примѣръ этому послѣднему случаю мы увидимъ ниже въ ускореніи движенія луны.

527) Смотря по положенію нашему на поверхности земли, и по степени совершенства, которую имѣютъ наши наблюденія, нашъ земной шаръ можетъ быть нѣкотораго рода инструментомъ, назначеннымъ къ тому, чтобъ сдѣлать болѣе очевидными эти зависимыя вибраціи, эти производныя движенія, сообщаемыя намъ съ различныхъ сторонъ, особливо же отъ движеній нашего сосѣда—луны; подобно тому, какъ сотрясеніе доски подъ нами даетъ намъ знать о движеніи, сообщенномъ воздуху звукомъ органныхъ трубъ, и дѣйствующемъ даже на его основаніе. Точно также мѣсячное вращеніе луны и годовое движеніе солнца производятъ, каждое въ отдѣльности, небольшія въ земной оси нутаціи, періоды которыхъ попеременно продолжаются и полмѣсяца и полгода; и каждая изъ нихъ можетъ быть разсматриваема какъ часть полнаго періода, состоящаго изъ двухъ равныхъ и подобныхъ частей. Но самый разительный и занимательный для насъ примѣръ этого распространенія періодическихъ движеній представляютъ намъ *морскіе приливы и отливы*, которые суть нечто иное, какъ зависимыя или насильственныя колебанія, производимыя вращеніемъ земли въ океанѣ, котораго видъ равновѣсія нарушается перемѣнными притяженіями солнца и луны, при движеніи ихъ по своимъ орби-

тамъ, такъ что періоды всѣхъ этихъ явленій стремятся возпроизводить себя въ законѣ періодичности морскихъ приливовъ и отливовъ.

528) Многіе затрудняются въ томъ, чтобы постигнуть теорію морскихъ приливовъ и отливовъ. Что луна притяженіемъ своимъ поднимаетъ воды океана, подъ ней лежащія, вверхъ: это нѣкоторымъ кажется весьма естественно; но что въ тоже время она поднимаетъ также ихъ и на противной сторонѣ земли: это кажется имъ совершенно нелѣпымъ. Впрочемъ ничего не можетъ быть вѣрнѣе и очевиднѣе, какъ ежели мы представимъ себѣ, что луна не *всѣмъ* притяженіемъ, но *разностью* притяженій, дѣйствующихъ на обѣ противоположныя поверхности и на центръ земли, поднимаетъ воды, и именно поднимаетъ силами, дѣйствующими точно по направленію стрѣлокъ на фигурѣ къ статьѣ 510, въ которой мы можемъ положить, что M есть луна, P частица воды на земной поверхности. Капля воды, взятая сама по себѣ и безъ всякаго посторонняго вліянія, приняла бы сферическій видъ въ силу притяженія своихъ частей. И ежели та же капля свободно упала бы въ пустое пространство подъ вліяніемъ равномѣрнаго тяготѣнія, то каждая часть была бы равномѣрно ускорена и частицы сохранили бы взаимное положеніе и форма сферическая сохранилась. Но положимъ, что она упадетъ подъ вліяніемъ притяженія, дѣйствующаго на каждую частицу независимо и возрастающаго при каждомъ шагѣ низпаденія: тогда части ближайшія къ центру притяженія болѣе притянутся, чѣмъ центральныя; а эти болѣе, чѣмъ дальнѣйшія; и такимъ образомъ цѣ-

лая капля по направленію своего движенія приметъ продолговатой видъ; стремленіе же разорваться на части отъ посторонняго притяженія встрѣчаетъ противодѣйствіе въ притяженіи частицъ другъ къ другу, и видъ равновѣсія сохраняется. Земля, дѣйствительно, безпрерывно падаетъ къ лунѣ и ею безпрерывно отвлекается отъ своего пути—ближнія части больше, отдаленныя меньше, чѣмъ центральныя; и такъ, въ каждое мгновеніе, лунное притяженіе старается понизить воды, лежащія подъ прямыми углами къ ея направленію, а повысить ихъ на обѣихъ оконечностяхъ діаметра, обращенныхъ къ ней. Геометры подтверждаютъ такое разсужденіе объ этомъ предметѣ, и доказываютъ, что видъ равновѣсія, принимаемаго слоемъ воды, который облегаетъ сферу, подъ вліяніемъ луннаго притяженія долженъ быть продолговатый эллипсоидъ, имѣющій полуось, направленную къ лунѣ, длиннѣе около 58 дюймовъ противу оси къ ней перпендикулярной.

529) Однако никогда небываетъ, чтобы этотъ сфероидъ составился вполнѣ. Прежде, чѣмъ воды приняли свою высоту, луна подвинулась уже по орбитѣ какъ дневной такъ и мѣсячной (для ясности въ этой теоріи, лучше будетъ, если мы примемъ суточное вращеніе земли, которое совершается въ противномъ направленіи движенія солнца и луны); вершина сфероида измѣнилась на земной поверхности и океанъ долженъ искать другаго образа равновѣсія. Это производитъ не круговое теченіе, но необычно великую и плоскую волну, слѣдующую, или старающуюся слѣдовать за видимыми движеніями луны и всѣ колебанія ея должны (ежели только

теорія зависимыхъ вибрацій справедлива) подражать или принимать на себя въ равныхъ, хотя и несовременныхъ періодахъ своихъ, всѣ тѣ неровности, которыя свойственны движеніямъ луны. Когда верхняя или нижняя часть этой великой волны ударяетъ оберега, тогда бываетъ то, что мы называемъ *большою* и *малою водою*.

530) И солнце производитъ такую же волну, которой вершина стремится слѣдовать видимому движенію его на небѣ, равно какъ и періодическимъ неровностямъ движенія. Эта солнечная волна существуетъ вмѣстѣ съ лунной: иногда онѣ борются между собою и пересиливаютъ одна другую; иногда содѣйствуютъ другъ другу, а иногда дѣйствія ихъ въ этой борьбѣ уничтожаются взаимно, смотря по синодическимъ сорасположеніямъ обоихъ свѣтилъ. Это попремѣнно взаимное подкрѣпленіе и уничтоженіе солнечныхъ и лунныхъ морскихъ приливовъ и отливовъ производитъ то, что мы называемъ *весенними* и *малыми* водами: первыя суть ихъ суммы, а послѣднія — разности. Хотя истинную величину каждой полной воды теперь нельзя съ точностію опредѣлить, но истинное отношеніе ихъ въ какомъ нибудь мѣстѣ, вѣроятно, не слишкомъ далеко отъ того состоянія эллиптичества, которое принадлежитъ сфероиду, если бы только равновѣсіе могло быть достигнуто. Это отношеніе есть отношеніе 2 къ 5; — первое число относится къ сфероиду подъ вліяніемъ солнца, а послѣднее — подъ вліяніемъ луны; — такъ что средняя весенняя полная вода содержится къ малой, какъ 7 къ 3.

531) Другое дѣйствіе совокупнаго притяженія солнца и луны въ отношеніи къ приливамъ и отливамъ производитъ *раннія* и *позднія* воды. Если бы одна луна притягивала воды океана, и если бы она двигалась въ плоскости экватора, тогда промежутокъ между двумя послѣдовательными приливами и отливами въ одномъ и томъ же мѣстѣ былъ бы равенъ лунному дню (статья 115), составленному изъ суммы собственнаго движенія луны съ періодомъ суточнаго вращенія земли. Подобнымъ образомъ, если бы дѣйствовало одно солнце и двигалось въ плоскости экватора, то приливы и отливы случились бы въ промежутокъ средняго солнечнаго дня. — Настоящій промежутокъ времени между двумя послѣдовательными *полными водами*, тотъ, который проходитъ между двумя послѣдовательными ихъ máксимами (maxima), взятыми по соображенію частныхъ приливовъ и отливовъ, долженъ измѣняться по мѣрѣ того, какъ частные проливы и отливы больше или меньше совпадаютъ между собою во времени; потому что, когда вершины двухъ частныхъ волнъ не совпадаютъ, тогда высота цѣлой волны имѣетъ свое *maximum* въ нѣкоторый промежуточный моментъ между временами, соотвѣтствующими вершинамъ. Такой недостатокъ однообразности въ промежуткахъ между двумя послѣдовательными водами особенно замѣчается во время новолунія и полнолунія.

532) Совершенно иной причинѣ должно приписать разность, извѣстную подъ названіемъ *прикладнаго часа*, между временемъ наибольшей и наименьшей воды, въ какомъ нибудь портѣ, и между мгновеніемъ кульминаціи

этихъ двухъ притягивающихъ свѣтилъ или теоретическое maximum надпоставленныхъ (superposed) сфероидовъ. Если бы воды были безъ инерціи; если бы онѣ не терпѣли никакого сопротивленія въ своемъ движеніи, и никакого тренія на днѣ океана, или по берегамъ узкихъ каналовъ, черезъ которые волна должна употреблять усиліе пройти и достичь гавани: тогда времена упомянутыхъ выше моментовъ не имѣли бы разности. Всѣ эти причины стремятся производить разность прибыли и убыли водъ въ одномъ портѣ противъ другаго. Наблюденіе прикладнаго часа въ портахъ очень важно для мореходства; да и въ теоретическомъ смыслѣ оно столько же важно для того, чтобъ узнать законъ раздѣленія морскихъ приливовъ и отливовъ по всему земному шару (*). При такихъ наблюденіяхъ ненадобно смѣшивать время, такъ называемой, *манихи*, когда теченіе, произведенное приливомъ, видимо перестаетъ двигаться въ которую нибудь сторону, — съ временемъ *полной* и *малой воды*, когда вода ни поднимается ни спускается. Эти два явленія очень рѣзко отдѣляются одно отъ другаго, и зависятъ отъ совершенно различныхъ причинъ, хотя иногда и могутъ согласоваться во времени, и даже считаются иногда за

(*) Новѣйшія наблюденія Гг. Луббока и Бевелля, вѣроятно, не только прольютъ теоретическій свѣтъ на предметъ ещё весьма темный — о морскихъ приливахъ и отливахъ, но (что особенно теперь нужно) привлекутъ вниманіе наблюдателей и дадутъ трудамъ ихъ надлежащее направленіе, показавъ ясно: что должно быть наблюдаемо и что нѣтъ; безъ этого всѣ наблюденія — напрасный трудъ.

одно и тоже на практикѣ: обстоятельство, которое должно производить чрезвычайное затрудненіе въ приведеніи системы морскихъ приливовъ и отливовъ подъ ясные законы.

533) Склоненіе солнца и луны значительно дѣйствуетъ на приливы и отливы во всякомъ мѣстѣ. Вершина волны полноводной стремится принять вертикальное положеніе подъ нѣмъ свѣтиломъ, которое производитъ ее; и такъ какъ свѣтило перемѣняетъ свою вертикальную точку прикосновенія на поверхность, то и волна должна также стремиться перемѣнить ее; а отсюда естественно проиходятъ увеличенія и уменьшенія морскихъ приливовъ и отливовъ, подчиненные періодамъ мѣсячнымъ и годовымъ. — Слѣдственно, періодъ лунныхъ узловъ также имѣетъ вліяніе на это явленіе: потому что удаленіе луны въ склоненіи въ одной части этого періода простирается до 29°, а въ другой только 17° по каждую сторону экватора.

534) Геометрія показываетъ, что дѣйствіе свѣтила въ поднятіи водъ находится въ обратномъ содержаніи кубовъ разстоянія. Солнце и луна, по причинѣ эллиптичества ихъ орбитъ, попеременно бываютъ и ближе отъ земли и дальше отъ ней средняго разстоянія; разстояніе солнца колеблется между крайними предѣлами 19 и 21, когда число 20 возьмемъ за среднее; а луна между 43 и 59. Если возьмемъ въ соображеніе эту причину разности, то самая большая, весенняя полная вода будетъ содержаться къ наименьшей малой, какъ 59 + 21 къ 43 — 19, или какъ 80 къ 24, или 10 къ 3.

Изъ всѣхъ причинъ, отъ которыхъ происходитъ разность въ высотѣ полныхъ водъ, мѣстность есть самая важная. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ полноводная волна стремится въ узкій проливъ и вдругъ поднимается до необычайной высоты. Напримѣръ, говорятъ, что въ Анаполисѣ, въ губѣ Фундѣ, она поднимается до 120 футовъ. Въ Бристолѣ вода поднимается иногда до 50 футовъ.

535) Подобно этому, дѣйствіе солнца и луны производитъ и въ атмосферѣ отливы и приливы, которые можно измѣрить точными наблюденіями. Впрочемъ, это дѣйствіе весьма незначительно.

536) Возвратимся теперь къ планетнымъ пертурбаціямъ, и разсмотримъ перемѣны, производимыя взаимными дѣйствіями планетъ на ихъ величину и видъ орбитъ, въ ихъ положеніяхъ и въ относительныхъ конфигураціяхъ. Сначала однако приличнѣе будетъ изъяснить условія, принятыя Астрономами и Геометрами для законовъ эллиптической системы и продолжить примѣнять ихъ къ возмущеннымъ орбитамъ, хотя эти орбиты, въ строгомъ математическомъ смыслѣ, уже не эллипсы или не какія нибудь извѣстныя Геометрическія кривыя. Астрономы это дѣлаютъ, частію для удобства въ разумѣніи и вычисленіи явленій, свойственныхъ такой системѣ, но болѣе потому, что найдено и можетъ быть доказано на основаніи динамическихъ условій этого предмета, что отступленіе каждой планеты отъ ея эллипса, въ какое угодно время, вѣрно можетъ быть изображено, когда притомъ полагаемъ а) что самый эллипсъ медленно измѣняется въ своей величинѣ

и эксцентренности, въ то же самое время, какъ онъ перемѣняетъ положеніе въ плоскости, въ которой находится, и б) что эта плоскость сама перемѣняетъ свое положеніе по извѣстнымъ законамъ: между тѣмъ какъ планета во все время продолжаетъ двигаться по эллипсу, точно такъ, какъ если бы эллипсъ во все не измѣнялся и пертурбативная сила не существовала. При этой точкѣ зрѣнія на предметъ, все постоянное дѣйствіе пертурбативныхъ силъ считается направленнымъ на элементы орбиты, между тѣмъ какъ отношенія планеты къ ея орбитѣ не измѣняются или подвергаются только, судя сравнительно, самымъ краткимъ, и какъ бы мгновеннымъ колебаніямъ. Этотъ образъ дѣйствія въ самомъ дѣлѣ совершенно естественъ и какъ бы невольно, самъ собою намъ представляется при той чрезвычайной медленности, съ которою измѣненіе элементовъ раскрывается; напримѣръ, дробь, выражающая эксцентренность земной орбиты, измѣняется не болѣе, какъ на 0, 00004 въ столѣтіе, и мѣсто перигелія, отнесенное къ небесной сферѣ, въ тоже время измѣняется на 19′ 39″. По этому, въ продолженіи нѣсколькихъ лѣтъ совсѣмъ невозможно отличить такой измѣняющійся эллипсъ отъ неизмѣняемаго: въ одномъ и томъ же вращеніи разность между первоначальнымъ, т. е. настоящимъ эллипсомъ, и кривою дѣйствительно представляющею измѣняемый эллипсъ, такъ мала, что если ту и другую кривую вѣрнѣйшимъ образомъ начертить на доскѣ въ шесть футъ діаметра, то даже смотря въ микроскопъ и при крайнемъ вниманіи едва можно замѣтить по всей окружности этихъ эллипсовъ какую нибудь между ними разность, или промежутокъ, ихъ отдѣля-

ющій. Не назвать такого движенія, столь мало отличающагося отъ эллипса, эллиптическимъ было бы педанство, если даже допустить существованіе незначительныхъ уклоненій въ ту или другую сторону; но съ другой стороны пренебречь измѣненіемъ, которое продолжаетъ накопляться изъ вѣка въ вѣкъ, пока наконецъ оно становится очевидно примѣтнымъ для наблюденій, было бы не простительно.

537) По этому Геометры согласились, чтобы въ каждомъ особенномъ вращеніи, или для какого нибудь незначительнаго промежутка времени, считать движеніе каждой планеты эллиптическимъ и совершающимся по законамъ Кеплера, исключая только извѣстныя и скоропреходящія колебанія, — но въ тоже время считать элементы каждаго эллипса подверженными постоянному, хотя и очень медленному измѣненію. Когда они раскрываютъ дѣйствія пертурбацій на планетную систему; тогда преимущественно, а иногда даже исключительно принимаютъ въ расчетъ перемѣну эллиптическихъ эллипсовъ, отъ которой единственно зависитъ всякая рѣшительная, вещественная перемѣна въ видѣ и положеніи системы.

538) Здѣсь мы встрѣчаемъ различіе между тѣмъ, что называется *вѣковымъ* измѣненіемъ и тѣмъ, что называется измѣненіемъ быстро *періодическимъ*, которое уравнивается въ короткіе промежутки времени. Напримѣръ, говоря о наклоненіи возмущенной орбиты (статья 514), мы сказали, что въ каждомъ отдѣльномъ вращеніи возмущеннаго тѣла плоскость его движенія

подвергается колебаніямъ назадъ и впередъ по наклоненію къ плоскости возмущающагося тѣла, — колебаніямъ, которыя почти уравновѣшиваютъ другъ друга, оставляя однако часть невознагражденною; что эта часть опять почти уравнивается вращеніемъ возмущающаго тѣла и снова оставляетъ неуравненную, не значительную часть перемѣны, которая требуетъ цѣлаго вращенія узла, чтобы уравнить и привести ее къ средней величинѣ. Первые два уравновѣшенія происходятъ отъ планетъ, которыя проходятъ между собою послѣдовательно всѣ конфигураціи и поэтому въ короткіе, по сравненію, періоды: они называются *періодическими измѣненіями* или *неровностями зависящими отъ конфигурацій.* А послѣднее измѣненіе, производимое періодомъ узла (однимъ изъ элементовъ), неимѣетъ никакой связи съ конфигураціями отдѣльныхъ планетъ; оно требуетъ необъятнаго періода времени для того, чтобы ему совершиться и поэтому различается отъ перваго названіемъ *вѣковаго измѣненія.*

539) Чтобы вѣрно представить движеніе возмущеннаго тѣла (планеты или спутника): оба измѣненія, какъ періодическое такъ и вѣковое, съ соотвѣтствующими имъ неровностями безъ сомнѣнія должно брать во вниманіе; и первое больше, потому что вѣковыя неровности въ существѣ своемъ суть не иное что, какъ остатки взаимнаго уничтоженія періодическихъ неровностей, которыхъ величина обыкновенно бываетъ гораздо значительнѣе. Но всѣ эти неровности скоропреходящи: онѣ изчезаютъ, не оставляя по себѣ слѣдовъ. Планета временно бываетъ вырвана изъ своей ор-

биты (той орбиты, которой элементы очень медленно измѣняются): но скоро опять возвращается къ ней; между тѣмъ какъ измѣняющаяся орбита преобразуется сама собою такъ, чтобы уравнять уклоненія, и такимъ образомъ представлять въ теченіе вѣковъ картину среднихъ положеній планеты, въ которой общія характеристическія ея черты сохраняются, а всѣ случайныя перемѣны изчезаютъ. Однако не слѣдуетъ изъ этого, еще повторяемъ, чтобы должно было пренебрегать этими періодическими неровностями: напротивъ, ихъ всегда должно брать во вниманіе независимо отъ вѣковыхъ измѣненій элементовъ.

540) Для избѣжанія многосложности въ объясненіи того и другаго рода измѣненій, мы теперь предположимъ, что всѣ орбиты находятся въ одной плоскости; и ограничимъ наше вниманіе только двумя тѣлами — возмущеннымъ и возмущающимъ; а такимъ образомъ предметъ разсмотрѣнія перейдетъ только къ пертурбаціямъ луны отъ солнца: потому что одно изъ этихъ тѣлъ, можно предположить, по произволу неподвижнымъ, если только наоборотъ всѣ движенія его припишемъ другому тѣлу. Итакъ пусть S будетъ тѣломъ центральнымъ (фиг. 67), M возмущающимъ и P возмущеннымъ: притяженіе M будетъ дѣйствовать на P по направленію PM, и на S по направленію SM. Пертубативное дѣйствіе M, составляя только разность двухъ силъ, не будетъ имѣть постояннаго направленія, но станетъ дѣйствовать на P весьма различно, смотря по положеніямъ P и M. Посему, разбирая это дѣйствіе, необходимо разложить на основаніи началъ Ме-

ханики силу пертурбативную по нѣкоторымъ извѣстнымъ направленіямъ, напримѣръ, по радіусу вектору SP и перпендикулярно къ этому радіусу. Простѣйшій способъ сдѣлать это состоитъ въ томъ, когда разложимъ притяженіе M на S и на P по этимъ направленіямъ, и возьмемъ, въ томъ и другомъ случаѣ ихъ разность, которая составитъ пертурбативную часть дѣйствія M. Такимъ образомъ найдемъ двѣ пертурбативныя силы: одну изъ нихъ мы назовемъ *касательною*, которая станетъ дѣйствовать по направленію PQ перпендикулярно къ SP и потому слѣдовать тангенсу орбиты P, предполагаемой круглою; — другую можемъ назвать *радіусною* или *центральною* пертурбативною силою, которая всегда устремляетъ P къ S, или прочь отъ этой точки.

541) Только одна первая (стат. 419) сила нарушаетъ законъ пространствъ, описанныхъ P около S, и потому есть главная причина угловой девіаціи планеты отъ еллиптическаго пути. Потому что равенство описанныхъ пространствъ не зависитъ отъ особливыхъ законовъ центральныхъ силъ, но только требуетъ, чтобы дѣйствующая сила, какая бы она ни была, направлялась къ центру; всякая сила, несогласующаяся съ этимъ условіемъ, должна нарушить равенство описанія пространствъ.

542) Наоборотъ, центральная часть пертурбативной силы, всегда направленная къ центру движенія, станетъ ли она притягивать туда возмущенное тѣло, или удалять отъ него, не нарушитъ равенства описа-

нія пространствъ; но какъ она измѣняется, слѣдуя другому закону, отличному отъ простаго закона тяготѣнія, по которому эллиптическая форма орбиты сохраняется: то и стремится разстроить эллиптическую форму орбиты. Она заставляетъ возмущенное тѣло P иногда приближаться къ центральному тѣлу, иногда удалиться отъ него больше, чѣмъ дозволяютъ это законы эллиптическаго движенія; она же перемѣщаетъ точки наибольшаго приближенія и крайняго удаленія; словомъ: она стремится нарушить величину, эксцентренность, и положеніе большой оси эллипса P.

543) Если мы разсмотримъ измѣненіе касательной силы въ различныхъ положеніяхъ M и P; то найдемъ, что говоря вообще она изчезаетъ, когда P находится въ A или C (фиг. 67) т. е. въ соединеніи съ M и также въ двухъ точкахъ B и D, гдѣ M равно удалено отъ S и P (или почти въ квадратурахъ P съ M); и что между A и B или D она стремится влечь P къ A, между тѣмъ какъ въ остальной орбитѣ она стремится влечь его къ C. Слѣдовательно общее дѣйствіе ея, въ полномъ синодическомъ вращеніи P, будетъ состоять въ томъ, что P сначала будетъ опаздывать въ движеніи отъ A къ B —, потомъ ускорять, пока дойдетъ до C —, потомъ снова опаздывать до D и снова ускорять до окончательнаго возвращенія ея въ соединеніе съ A.

544) Если бы орбиты P и M были точные круги: очевидно, что опаздываніе, которое должно случиться въ продолженіи описанія дуги AB, въ точности возна-

граждалось бы ускореніемъ при описаніи дуги DA; потому что эти дуги равны и одинаковымъ образомъ расположены въ отношеніи къ пертурбативнымъ силамъ; точно также ускореніе по дугѣ BC вознаграждено было бы опаздываніемъ по CD. При такомъ вознагражденіи періодъ вращенія остался бы неизмѣннымъ и всѣ погрѣшности въ долготѣ уничтожили бы одна другую.

545) Это точное вознагражденіе или уравновѣшеніе, очевидно, зависитъ отъ точности симметрическаго расположенія частей орбиты по ту и другую сторону линіи CSM; и коль скоро эта симметрія нарушится: вознагражденіе прекратится и произойдутъ неровности въ движеніи P; онѣ зайдутъ уже за предѣлы одного вращенія и уравновѣсятся не иначе, какъ по періодическомъ возвращеніи всѣхъ конфигурацій, отъ которыхъ онѣ зависятъ. Положимъ, наприм., что орбита P кругообразна, а орбита M эллиптическая, и что въ тотъ моментъ, когда P оставитъ A, M будетъ въ наибольшемъ удаленіи отъ P; положимъ также, что M будетъ такъ много удалено, что произведетъ только малую часть своего вращенія въ продолженіи цѣлаго вращенія P. Тогда очевидно, что въ продолженіи цѣлаго вращенія P, пертурбативная сила M будетъ увеличиваться черезъ приближеніе M къ центру C, и что въ слѣдствіе этого пертурбація, происходящая въ каждой слѣдующей четверти, съ излишкомъ вознаградитъ ту, которая произошла въ предъидущихъ; такъ что, когда P перейдетъ снова къ соединенію съ M, тогда откроется, что въ общемъ итогѣ произошло вознагражде-

ніе, способствовавшее ускоренію орбитнаго движенія. Такой образъ дѣйствія продолжится до тѣхъ поръ, пока М будетъ приближаться къ S; но когда въ эллиптическомъ движеніи оно опять начнетъ удаляться, тогда произведетъ обратное дѣйствіе и случится опаздываніе въ орбитномъ движеніи Р; и такимъ образомъ будетъ происходить то одно то другое, пока на конецъ среднее изъ многихъ вращеній М, въ которыхъ мѣсто Р, въ своемъ эллипсѣ, въ моментъ соединеній, будетъ находиться во всѣхъ возможныхъ положеніяхъ дальности, приближенія и отставанія, — случится уравновѣшеніе высшаго рода, чѣмъ всѣ произшедшія прежде того большія и малыя уравновѣшенія; и среднее угловое движеніе установится, точно какъ бы совсѣмъ не было пертурбаціи.

546) Случай немного сложнѣе, но способъ доказательства будетъ почти тотъ же, когда предположимъ, что орбита возмущеннаго тѣла—эллиптическая. Въ эллиптической орбитѣ угловая скорость неравномѣрна. Въ этомъ случаѣ возмущенное тѣло, подъ вліяніемъ ускоряющихъ и замедляющихъ касательныхъ силъ, остается въ нѣкоторыхъ частяхъ своего вращенія дольше, въ другихъ короче, чѣмъ нужно для точнаго уравновѣшенія; тогда, независимо отъ перемѣны разстоянія М отъ S, по одной только это причинѣ явится неровность и останется не уничтоженная пертурбація при концѣ синодическаго періода. Если бы всѣ соединенія случались въ одной и тойже точкѣ эллипса Р, то таже самая причина всегда дѣйствовала бы точно такимъ же образомъ и отсюда произошла бы неровность безъ вознагражде-

денія, слѣдствіемъ которой наконецъ была бы постоянна перемѣна въ среднемъ угловомъ движеніи P. Но это никогда не случится въ планетной системѣ. Средніи движенія (т. е. среднія угловыя скорости) двухъ планетъ въ ихъ орбитахъ *несоизмѣримы*. Напримѣръ, нѣтъ двухъ планетъ, которыя совершали бы свои орбиты ровно вдвое, или втрое одна противу другой по времени, или такихъ, изъ которыхъ одна совершалабы ровно два вращенія въ то время, какъ другая совершила точно три, пять и т. д. Въ противномъ случаѣ, неровность безъ вознагражденія и постоянная перемѣна въ среднемъ угловомъ движеніи дѣйствительно могла бы случиться. Положимъ, на примѣръ, что средніи движенія возмущенной и возмущающей планеты находились бы въ точномъ содержаніи 2 къ 5: тогда циклъ, состоящій изъ пяти краткихъ и двухъ длинныхъ періодовъ, привелъ бы ихъ обратно къ тѣмъ же конфигураціямъ; порядокъ соединеній, въ одномъ и томъ же циклѣ, соотвѣтствовалъ бы тогда различнымъ точкамъ обѣихъ орбитъ, но во многихъ послѣдовательныхъ циклахъ порядокъ соединеній соотвѣтствовалъ бы одному и тому же порядку точекъ. Такимъ образомъ часть пертурбативнаго дѣйствія, оставшагося невознагражденнымъ къ концу цикла, не вознаградилась бы въ циклахъ слѣдующихъ: а отсюда произошло бы постоянное разстройство въ среднихъ угловыхъ движеніяхъ.

547) Хотя и правда, что нѣтъ двухъ планетъ, среднія движенія которыхъ были бы въ точности соизмѣримы: но есть случаи, въ которыхъ среднія дви-

женія приближаются къ соизмѣримости. Это именно бываетъ у Юпитера и Сатурна: ихъ среднія движенія довольно близки къ содержанію 5 къ 2, которое выше взяли мы для примѣра. Пять періодовъ Юпитера составляютъ 21663 дня, а два періода Сатурна составляютъ 21518 дней. Разность только въ 145 дняхъ, въ теченіе которыхъ Юпитеръ описываетъ около 12°, а Сатурнъ около 5°, такъ что послѣ пяти періодовъ Юпитера разность будетъ небольше какъ въ 5° отъ соединенія въ тѣхъ же частяхъ орбиты. Если мы вычислимъ время, которое въ точности совмѣститъ три соединенія этихъ двухъ планетъ, то найдемъ его около 21760 дней, потому что синодическій ихъ періодъ равняется 7253,4 днямъ. Въ этотъ промежутокъ Сатурнъ опишетъ 8°, 6′ лишнихъ противъ двухъ сидерическихъ періодовъ, а Юпитеръ столько же лишнихъ противъ пяти. Каждое третье соединеніе будетъ 8°,6′ впереди предъидущаго: что довольно близко къ *соизмѣримости*, о которой мы говоримъ. Избытокъ этого неуравновѣшеннаго дѣйствія въ продолженіи многихъ такого рода цикловъ (7 или 8) будетъ имѣть вліяніе, въ тойже силѣ, на движеніе возмущеннаго тѣла, а съ тѣмъ вмѣстѣ будетъ имѣть все больше и больше вліянія на долготу: здѣсь начало значительной неправильности періода, которая Астрономамъ хорошо извѣстна подъ названіемъ *великой неровности Юпитера и Сатурна.*

548) Дуга 8°,6′ содержится 44⅓ разъ въ цѣлой окружности 360°; по этому, ежели обратимъ вниманіе только на одно третье соединеніе, то найдемъ, что

оно воротится къ той же точкѣ орбиты въ періодъ времени, когда 21760 дней возмемъ столько же разъ, т. е. въ 2648 лѣтъ. Остальные два соединенія случатся къ точкахъ орбиты на разстояніи 123° и 246° отъ третьяго соединенія цикла; и точки, соотвѣтствующія имъ на орбитѣ, описавъ дугу 8°, 9 въ 21760 дней пройдутъ цѣлую окружность цикла также въ 2648 лѣтъ. Отсюда видно, что въ каждую треть этого послѣдняго періода, т. е. въ 883 года, случится соединеніе (одно которое нибудь изъ трехъ, составляющихъ циклъ), въ точкѣ, отъ которой начатъ счетъ соединеніямъ: это и будетъ, слѣдственно, тотъ самый періодъ, въ которомъ великая неровность вознаграждается, лишь бы только элементы орбиты оставались неизмѣнными. Но въ такой длинный періодъ измѣненіе ихъ весьма значительно; и потому этотъ періодъ прострется до 918 лѣтъ.

549) Мы избрали эту неровность, какъ лучшій примѣръ дѣйствій касательной пертурбативной силы, потому что она велика, продолжительна, и имѣетъ большой историческій интересъ. Давно уже было замѣчено Астрономами, что при сравненіи новѣйшихъ наблюденій Юпитера и Сатурна съ древними, средніе движенія этихъ планетъ не были равномѣрны. Напримѣръ, періодъ Сатурна въ продолженіи всего XVII столѣтія казался увеличивающимся, а Юпитера уменьшающимся, т. е. что одна планета безпрерывно отставала, а другая ускоряла противъ того мѣста, въ которомъ надлежало быть имъ по вычисленію. Напротивъ въ XVIII столѣтіи началось обратное дѣйствіе.

Правда, что отставанія и ускоренія не были значительны; но какъ дѣйствія ихъ накоплялись, то они наконецъ производили существенную разность между мѣстами планетъ по наблюденію и по вычисленію. Въ то время не умѣли изъяснить этого явленія теоріею; и въ одно время даже полагали, что оно не подчинено Невтонову закону тяготѣнія. Наконецъ Лапласъ указалъ ея причину въ близкой соизмѣримости среднихъ движеній, какъ было выше сказано, и успѣлъ вычислить ея періодъ и величину.

550) Наибольшая величина этой неровности состоитъ, то въ отставаніи то въ ускореніи около 0°, 49′ въ долготѣ Сатурна, и въ такомъ же ускореніи и отставаніи около 0° 21′ для Юпитера. Что ускореніе въ одной планетѣ необходимо должно быть сопровождаемо отставаніемъ въ другой и обратно: это будетъ очевидно, если мы возьмемъ въ соображеніе, что дѣйствіе и противудѣйствіе равны и противоположно направлены; посему толчекъ, сообщаемый Юпитеромъ Сатурну по направленію PM, долженъ сопровождаться такимъ же толчкомъ отъ Сатурна Юпитеру по направленію MP. — Слѣдственно, когда одинъ изъ нихъ стремится ускорить движеніе одной изъ планетъ въ ея орбитѣ, тогда другой будетъ стараться останавливать другую планету въ ея орбитѣ. Геометрія учитъ, что слѣдствія или вліянія этихъ двухъ противныхъ дѣйствій на долготы двухъ планетъ находится въ обратномъ содержаніи произведеній ихъ массъ, помноженныхъ на квадратные корни большихъ осей ихъ орбитъ: и этотъ выводъ весьма сложнаго и любо-

пытнаго вычисленія совершенно подтверждается наблюденіями.

551) Неровность, о которой мы говорили, была бы гораздо больше, если бы не частное вознагражденіе, происходящее при каждомъ троекратномъ соединеніи планетъ. Положимъ, что PQR есть орбита Сатурна и pqr Юпитера; положимъ еще, что первое соединеніе случится въ Pp на линіи SA; второе на разстояніи 123° на линіи SB; и третье на разстояніи 246° на SC; а слѣдующее потомъ на 368°, на SD. Это послѣднее соединеніе, которое случится весьма близко съ первымъ, произведетъ почти повтореніе перваго дѣйствія въ опаздываніи и ускореніи планетъ; но остальныя два, находясь въ самыхъ отдаленныхъ разстояніяхъ отъ перваго, случатся при весьма различныхъ обстоятельствахъ въ разсужденіи перигелія орбитъ. Но мы видѣли, что ходъ одной планеты къ соединенію съ другой, въ различныхъ положеніяхъ, стремится произвести уравновѣшеніе или вознагражденіе; и дѣйствительно, самое большое вознагражденіе, какое только возможно при трехъ конфигураціяхъ, есть то, когда три соединенія ровно расположены около центра. Три положенія соединеній сдѣлаютъ больше уравновѣшенія, чѣмъ два, четыре болѣе, чѣмъ три и т. д. Слѣдственно, ту неровность, которая накопляется при каждомъ циклѣ трехъ соединеній, составляетъ только та малая часть, которая останется неуравненною послѣ совокупленія противныхъ дѣйствій, происшедшихъ отъ трехъ соединеній цикла. Читатель, познакомившійся уже нѣсколько съ теоріею пертурбацій, замѣтитъ, что это разсужденіе въ существѣ своемъ равносильно тому аналитическо-

му выраженію, по которому неровность, о которой идетъ дѣло, принадлежитъ къ членамъ третьяго порядка, или къ тѣмъ, которые происходятъ отъ кубовъ и произведеній отъ трехъ размѣреній эксцентриситетовъ; онъ замѣтитъ также, что безпрерывное накопленіе малыхъ величинъ, въ продолженіи длинныхъ періодовъ, соотвѣтствуетъ тому, что разумѣютъ Геометры, когда говорятъ о малыхъ величинахъ, которыя становятся значительными посредствомъ интеграціи.

552) Подобныя разсужденія примѣняются ко всякому случаю близкой соизмѣримости, которую могутъ представить среднія движенія какихъ нибудь двухъ планетъ. Такая, напримѣръ, соизмѣримость представляется между средними движеніями земли и Венеры: 13 сидерическихъ періодовъ Венеры почти равняются 8 земнымъ. Слѣдственно, всякое пятое соединеніе сихъ планетъ почти совпадаетъ: дуга, отдѣляющая одно отъ другаго эти соединенія, не больше $\frac{1}{216}$ части окружности, откуда и происходитъ накопленіе пертурбацій не вознагражденныхъ. Но съ другой стороны, накопившаяся такимъ образомъ пертурбація есть только та, которая остается послѣ прохожденія пяти ровныхъ соединеній, симметрически раздѣленныхъ по окружности или, говоря языкомъ Геометровъ, та, которая зависитъ отъ членовъ пятаго порядка, какъ въ разсужденіи силъ, такъ и произведеній эксцентриситетовъ и наклоненій. По этому, она чрезвычайно мала, и вся происходящая оттуда неровность, по новѣйшимъ, очень труднымъ вычисленіямъ Профессора Аира, которому мы обязаны ея открытіемъ простирается не свыше нѣсколькихъ

секундъ въ ея maximum, тогда какъ періодъ ея не менѣе 240 лѣтъ. Этотъ примѣръ служитъ доказательствомъ, до какой степени точности доведена теперь теорія планетъ.

553) Въ теоріи луны, касательная сила производитъ много неровностей, изъ которыхъ главнѣйшая есть та, которая называется *измѣненіемъ* (варіаціею). Оно есть прямое и главное слѣдствіе той части пертурбаціи, которая происходитъ отъ ускоренія и опаздыванія пространствъ отъ сизигій къ квадратурамъ орбитъ и отъ квадратуръ къ сигіямъ, находящимся въ связи съ эллиптическимъ видомъ орбитъ, по которому одни и тѣже пространства, описанныя около фокуса въ различныхъ частяхъ эллипса, не соотвѣтствуютъ однимъ и тѣмъ же величинамъ угловаго движенія. Эта неровность, доходящая въ ея maximum до 37′, была сначала замѣчена Тихо-Брагомъ, какъ періодическая поправка луннаго мѣста; и замѣчательна въ исторіи лунной теоріи тѣмъ, что она первая была изъяснена Невтономъ по его теоріи тяготѣнія.

554) Теперь намъ слѣдуетъ разсматривать дѣйствіе той части пертурбаціонной силы, которая дѣйствуетъ по направленію радіуса — вектора и стремится измѣнить законъ тяготѣнія, и слѣдственно стремится болѣе прямымъ и очевиднымъ образомъ, чѣмъ сила касательная, уклонить форму возмущенной орбиты отъ формы эллиптической; или, какъ мы видѣли въ статьѣ 536, производитъ перемѣну въ величинѣ эксцентренности и положеніи своей плоскости, или мѣста перигелія.

555) Опредѣляя дѣйствіе возмутительной силы тѣла М на Р, мы видѣли, что только разность ускорительнаго притяженія М на S и Р должна почесться настоящимъ ея дѣйствіемъ, разложивъ тогда это притяженіе на двѣ силы; одна изъ нихъ, дѣйствуя по направленію PS, и не находя въ силѣ обнаруживаемой тѣломъ М на Р никакой противной части дѣйствія, которымъ бы она могла уничтожиться, стремится вполнѣ влечь Р къ S, въ дабавокъ къ естественному его тяготѣнію; потому, она и называется *положительною* частью возмутительной силы. — Другая сила, происходящая отъ разложенія разности дѣйствій М на S и Р дѣйствуетъ по направленію PL, параллельной къ SM, и можетъ быть разложена на двѣ силы: одна изъ нихъ есть касательная, дѣйствующая по направленію PK, о которой уже было говорено; а другая дѣйствуетъ перпендикулярно къ ней, по направленію радіуса вектора SP или PR. Эта послѣдняя часть дѣйствія М называется *отрицательною* потому, что стремится уменьшить тяготѣніе Р къ S. Излишекъ одной изъ разложенныхъ частей предъ другою составляетъ въ какомъ нибудь извѣстномъ положеніи Р и М центральную часть пертурбативной силы, о дѣйствіи которой мы теперь будемъ говорить.

556) Опредѣленіе этихъ силъ есть дѣло не очень трудное, когда даны размѣренія орбитъ; но оно столько сложно, что мы не можемъ помѣстить его здѣсь. Для цѣли нашей, достаточно будетъ показать общее ихъ стремленіе; и сначала мы разсмотримъ ихъ среднее дѣйствіе. Что бы опредѣлить: какое будетъ среднее дѣйствіе М,

во всѣхъ положеніяхъ, которыя оно можетъ принять въ отношеніи къ P, — намъ ничего не остается сдѣлать, какъ предположить, что масса M раздроблена въ видѣ тонкаго кольца, по всей его окружности. Если мы захотимъ взять въ расчетъ эллиптическое движеніе M; то можемъ представить толщину этого кольца, въ различныхъ частяхъ орбиты, пропорціональною времени, которое M занимаетъ въ каждой части своей орбиты, или что она находится въ обратномъ содержаніи къ угловой скорости M. Но мы не войдемъ въ эти подробности, и на первый разъ довольно положить, что орбита M кругообразна, а движеніе его равномѣрно. Тогда будетъ очевидно, что среднее пертурбативное дѣйствіе на P будетъ разность притяженія кольца на обѣ точки P и S, изъ которыхъ послѣднее занимаетъ центръ кольца, а первое — въ положеніи эксцентренномъ. Но притяженіе кольца на его центръ, очевидно, по всѣмъ направленіямъ равно, и слѣдовательно становится нулемъ, при своемъ дѣйствіи *по какому бы то ни было направленію*. Съ другой стороны, ежели эксцентренная точка P находится внутри кольца, тогда возникающее отсюда притяженіе будетъ направлено отъ центра къ окружности, къ точкѣ кольца ближайшей къ P (*). Но ежели P находится вн-

---

(*) Такъ какъ это предложеніе отнюдь не вымышлено только для удобства въ объясненіи, но имѣетъ дѣйствительное приложеніе къ теоріи равновѣсія колецъ Сатурна; то полезно будетъ изъяснить его здѣсь: и это можно сдѣлать безъ помощи вычисленій. Вообразимъ притягательную сферическую

кольца, тогда возникающая сила будетъ всегда дѣйствовать внутри, привлекая P къ своему центру. Изъ этого видно, что среднее дѣйствіе центральной силы будетъ различно въ своемъ направленіи, смотря по тому, что орбита возмущающаго тѣла будетъ внѣшнею или внутреннею въ отношеніи къ орбитѣ возмущеннаго. Въ первомъ случаѣ она уменьшитъ, а въ послѣднемъ увеличитъ центральное тяготѣніе.

557) Если смотрѣть только на среднее дѣйствіе, произведенное большимъ числомъ вращеній обоихъ тѣлъ; то очевидно, что увеличеніе центральной силы должно сопровождаться уменьшеніемъ періодическаго времени и размѣреній орбиты тѣла, которое будетъ вращаться съ возрастающею скоростью. Вотъ, въ чемъ состоитъ первое и болѣе очевидное дѣйствіе центральной части возмутительной силы. Она производитъ постоянную среднюю перемѣну въ размѣреніяхъ всѣхъ орбитъ и среднихъ движеніяхъ всѣхъ тѣлъ, которыя составляютъ планетную систему, такъ что скорость внутреннихъ

оболочку, и матеріальную точку въ ея внутренности. Каждая линія, проходящая чрезъ эту точку и оканчивающаяся по обѣ стороны оболочки, естественно будетъ равно наклонена къ поверхности въ обѣихъ оконечностяхъ, по тому что поверхность сферы имѣетъ симметрію со всѣхъ сторонъ. Вообразимъ себѣ теперь два небольшихъ противоположныхъ конуса, имѣющихъ свою общую вершину въ притягиваемой точкѣ, и составленныхъ коническимъ движеніемъ такой линіи вкругъ точки, о которой говоримъ. Тогда обѣ части сферической оболочки, образую-

тѣлъ системы становится меньше, а скорость внѣшнихъ больше, противу того, какъ если бы тѣ и другія вращались подъ однимъ вліяніемъ солнечнаго притяженія. Такого рода дѣйствіе можетъ быть легко понято, если представимъ себѣ, что на всѣ тѣла, находящіяся внутри орбиты, которая принадлежитъ возмущенной планетѣ, можно смотрѣть какъ на частицы центральнаго притягивающаго тѣла, среднее дѣйствіе котораго не измѣняется, хотя бы эти частицы были разбросаны въ пространствѣ и оставались въ постоянномъ вращеніи.

558) Однако это среднее дѣйствіе, о которомъ говоримъ, есть одно изъ тѣхъ, котораго мы не можемъ ни измѣрить ни открыть безъ вычисленій. Потому что познанія наши о періодахъ планетъ и размѣреніяхъ ихъ орбитъ взяты изъ наблюденій, сдѣланныхъ въ ихъ настоящемъ состояніи, и потому подъ вліяніемъ этой *постоянной части* пертурбативнаго дѣйствія. Слѣдственно наблюдаемыя, среднія движенія ихъ

щія основанія конусовъ, будутъ одинаково и равно наклонны къ своимъ осямъ. Поэтому, ихъ пространства будутъ между собою содержаться, какъ квадраты разстояній отъ общей вершины. Слѣдовательно, притяженія ихъ будутъ равны; потому что притяженія бываютъ пропорціональны притягивающимъ массамъ, и находятся въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстояній къ притягиваемой точкѣ. Но эти притяженія дѣйствуютъ въ противуположныхъ направленіяхъ и слѣдовательно противудѣйствуютъ одно другому. Поэтому, точка будетъ между ни-

подвержены цѣлому дѣйствію этого вліянія; и мы не имѣемъ средствъ отличить его отъ прямаго дѣйствія солнечнаго притяженія, съ которымъ оно сливается. Одно только познаніе наше о массахъ планетъ удостовѣряетъ насъ, что дѣйствіе это чрезвычайно мало; а это именно и нужно намъ знать касательно теоріи планетныхъ движеній.

559) Дѣйствіе солнца на луну стремится также среднимъ вліяніемъ своимъ въ продолженіи многихъ послѣдовательныхъ вращеній обоихъ тѣлъ, расширять безпрерывно лунную орбиту и увеличивать ея періодическое время. Но это общее среднее количество не устанавливается для луны, какъ это бываетъ для планетъ, рядомъ второстепенныхъ колебаній, которыя стремятся уравновѣсить себя взаимно въ концѣ великаго числа вращеній, и происходятъ отъ эллиптичества орбитъ, на которое мы не обратили вниманія въ предъидущемъ разсужденіи. Въ теоріи луны, многія изъ второкрасныхъ колебаній весьма ощутительны для на-

---

ми въ равновѣсіи; и какъ тоже самое должно случиться, каково бы ни было направленіе общей оси двухъ противоположныхъ конусовъ: то и точка будетъ въ равновѣсіи, хотя бы расположена была внутри такой сферической оболочки. Вмѣсто сферы возьмемъ теперь кольцо, въ плоскости котораго точка притягиваемая находится внутри; раздѣлимъ также окружность его на *парные, противулежащіе элементы*, такъ чтобы они были основаніями противоположныхъ треугольниковъ, имѣющихъ общую вершину въ притягиваемой точкѣ. Но какъ здѣсь

блюдений и очень важны для точнаго определенія ея движеній. Например, солнечная орбита (отнесенная къ землѣ какъ къ неподвижной точкѣ) есть эллиптическая и описывается въ продолженіе тринадцати лунацій, въ которыя разстояніе солнца то увеличивается то уменьшается, и каждый періодъ увеличенія и уменьшенія простирается по крайней мѣрѣ до шести полныхъ лунацій. По мѣрѣ приближенія солнца къ землѣ, пертурбативныя силы всякаго рода увеличиваются, и обратно. Поэтому, разширеніе лунной орбиты и періодическое время ея вращенія находятся въ безпрерывномъ состояніи колебаній, болѣе сильныхъ или слабыхъ, по мѣрѣ приближенія солнца къ перигею или къ апогею. И это согласно съ фактами: разность между лунаціею въ Январѣ (когда солнце бываетъ въ наименьшемъ разстоянія отъ земли) и въ Іюнѣ (когда оно бываетъ въ наибольшемъ удаленіи) не менѣе 35′.

560) Другое весьма замѣчательное и важное явленіе въ томъ же родѣ, требующее для своего выполне-

---

притягательные элементы не суть поверхности но линіи, то они находятся въ прямомъ содержаніи простыхъ разстояній, а не квадратовъ разстояній, какъ надлежало бы имъ быть для сохраненія равновѣсія. Поэтому, оно не будетъ сохраняемо: ближайшіе къ притягиваемой точкѣ элементы будутъ имѣть перевѣсъ и увлекутъ ее къ ближайшей точкѣ кольца. Тоже самое случится съ каждымъ линейнымъ кольцомъ, и слѣдственно можетъ быть приложено ко всякому собранію концентрическихъ плоскихъ колецъ, каковы кольца Сатурна.

нія очень большаго періода времени, есть такъ называемое *вѣковое ускореніе средняго движенія луны.* Галлей, сравнивая самыя древнія лунныя затмѣнія, которыя наблюдали Халдейскіе Астрономы, съ затмѣніями новѣйшихъ временъ, замѣтилъ, что періодъ луннаго вращенія нынѣ значительно короче, нежели въ тѣ времена; и это заключеніе подтвердилось также сравненіемъ съ наблюденіями Арабскихъ Астрономовъ VIII и IX вѣка. Изъ этихъ сравненій выходитъ, что среднее лунное движеніе увеличивается около 11 секундъ въ столѣтіе: количество, само по себѣ малое, но по истеченіи нѣсколькихъ столѣтій возрастающее значительно. Такой важной фактъ, подобно великой неровности Юпитера и Сатурна, долго оставался трудною задачею для Геометровъ. Она казалась такъ трудна, что долго не могли дать въ ней никакого отчета: одни объявили, что этотъ фактъ не можетъ быть объясненъ закономъ тяготѣнія; а другіе утверждали, что онъ столько же вѣренъ, какъ и большая часть историческихъ происшествій. Въ такихъ обстоятельствахъ Лапласъ еще разъ избавилъ Физическую Астрономію отъ нареканія, и объяснилъ истинную причину этого явленія, которое послѣ того стало на ряду съ занимательнѣйшими явленіями въ теоріи пертурбацій, — явленія, которое открываетъ чрезвычайную перспективу взорамъ нашимъ и въ прошедшемъ и въ будущемъ, указывая на великія перемѣны, которыя потерпѣла наша Астрономическая система, и, конечно, потерпитъ еще въ будущемъ.

561) Если бы солнечный эллипсъ не измѣнялся, то

перемѣна расширенія и сжиманія лунной орбиты, изъясненная въ статьѣ 559, произвела бы въ продолженіи большаго числа вращеній солнца, уравновѣшеніе въ разстояніи и періодическомъ времени луны, приводя такъ, чтобы каждый возможный шагъ въ перемѣнѣ разстоянія солнца соотвѣтствовалъ каждому возможному удаленію луны отъ солнца въ ея орбитѣ. Но на самомъ дѣлѣ этого не бываетъ. Солнечный эллипсъ находится (какъ мы уже показали въ статьѣ 536 и скоро подробнѣе изъяснимъ) въ безпрерывномъ, но чрезвычайно медленномъ состояніи измѣненія, по причинѣ дѣйствія планетъ на землю. Правда, что ось его остается неизмѣнною, но эксцентренность его съ древнѣйшихъ временъ и донынѣ уменьшается; и это уменьшеніе продолжится, безъ всякаго сомнѣнія, до тѣхъ поръ, какъ эксцентренность совершенно уничтожится и орбита превратится въ совершенный кругъ; послѣ того она опять начнетъ превращаться въ эллипсъ; эксцентренность станетъ увеличиваться и достигнетъ нѣкоторой величины, а потомъ снова начнетъ уменшаться. Время, нужное для этихъ движеній, хотя и можетъ быть вычислено, но оно до сихъ поръ не опредѣлено; извѣстно только, что его нельзя считать ни столѣтіями ни тысячалѣтіями. Это такой періодъ, въ которомъ вся исторія Астрономіи и человѣческаго рода занимаетъ пространства не болѣе точки, такъ что въ продолженіи такого періода всѣ перемѣны можно принимать за равномѣрныя. Этимъ-то измѣненіемъ эксцентренности земной орбиты совершается вѣковое ускореніе луны. Указанное выше вознагражденіе (которое при неизмѣняемости солнечнаго эллипса совершилось

бы въ нѣсколько лѣтъ или по крайней мѣрѣ въ нѣсколько столѣтій) теперь совершается не вполнѣ, по причинѣ медленнаго измѣненія одного изъ важнѣйшихъ элементовъ. Степени возстановленія теперь не сходны, не имѣютъ симметрическаго равенства съ измѣненіями. Тоже разсужденіе можно примѣнить къ великимъ неровностямъ, происходящимъ отъ силы касательной. Стремленіе вверхъ не равносильно со стремленіемъ внизъ. Въ теченіе всего времени уменьшенія земной эксцентренности, дѣйствіе превосходитъ противодѣйствіе и не прежде, какъ это уменьшеніе прекратится, дѣло возметъ другой оборотъ и окончательное возстановленіе начнется. Между тѣмъ останется самое незначительное, не вознагражденное дѣйствіе при каждомъ вращеніи тѣхъ же соразположеній солнца и луны, и солнечнаго и луннаго перигелія. Эти дѣйствія, накопляясь при каждой лунаціи, перемѣняютъ періодическое время и среднее движеніе луны, и наконецъ дѣлаютъ такую перемѣну въ ея долготѣ, которой нельзя оставлять безъ вниманія.

562) Явленіе, о которомъ мы дали сей часъ понятія, есть другой, весьма разительный примѣръ распространенія періодической перемѣны отъ одной части системы на другую. Планеты не имѣютъ прямаго дѣйствія на лунное движеніе въ отношеніи его къ землѣ. Массы ихъ такъ малы, а разстоянія такъ велики, что разность ихъ дѣйствій на луну и землю не можетъ быть значительна; но мы видимъ, что дѣйствія ихъ на земную орбиту отражаются на движеніяхъ луны чрезъ посредство дѣйствія солнца; и, что̀ особенно за-

мѣчательно, перенесенное дѣйствіе на уголъ, который описываетъ луна около земли, гораздо значительнѣе для наблюденій, чѣмъ то, которое прямо произведено ими на уголъ, описанный землею около солнца.

563) Разпространенія и сжатія лунной и планетныхъ орбитъ, произходящія отъ дѣйствія центральной силы, которая стремится имѣть вліяніе на среднія ихъ движенія, раздѣляются на два рода: одни—*постоянныя*, зависящія отъ размѣщенія притягательнаго вещества въ тѣлахъ системы и отъ порядка, въ которомъ планеты между собою расположены; другія —*періодическія*, тѣ, которыя сами собою вознаграждаются. Геометры доказали (этимъ важнымъ открытіемъ мы обязаны Лагранжу), что кромѣ этого не существуетъ третьяго рода дѣйствія, произходящаго отъ отъ центральной или отъ касательной пертурбативной силы, или отъ ихъ раздѣленія или соединенія, такого, которое могло бы безпрерывно увеличиваться не вознаграждаясь; и особливо доказали, что большія оси планетныхъ эллипсовъ не подвержены даже тѣмъ медленнымъ вѣковымъ перемѣнамъ, которымъ подчинены наклоненія, узлы, и другіе элементы планетъ, и которыя столько же періодичны, хотя въ другомъ смыслѣ, какъ и тѣ большія неровности, которыя зависятъ отъ взаимныхъ сорасположеній планетъ. Но періодическое время обращенія планеты въ ея орбитѣ около солнца, зависитъ отъ массы солнца и планетъ, и отъ большой оси орбитъ, ими описанныхъ, не взирая на степень эксцентренности или какихъ нибудь другихъ элементовъ. По этому, средніе звѣздные періоды обращеній планетъ

въ томъ видѣ, какъ они выходятъ изъ числа вращеній, достаточнаго для того, чтобы вознаградить упомянутыя предъ симъ неровности, не измѣняются временемъ. Продолжительность звѣзднаго года, на примѣръ, въ томъ видѣ, какъ мы опредѣляемъ ее теперь изъ наблюденій объемлющихъ тысячу вращеній земли около солнца, будетъ таже самая, которую мы получили бы, еслибъ могли разположить наблюденія въ такомъ же числѣ, сдѣланныя милліонъ лѣтъ спустя.

564) Эта теорема, взятая отдѣльно, есть самая важная изъ всѣхъ, какими только награждались до сихъ поръ труды Геометровъ. Мы постараемся, поэтому, объяснить нашимъ читателямъ, по крайней мѣрѣ начало, на которомъ основано ея доказательство; и хотя нельзя удовлетворительно сдѣлать полнаго примѣненія этого начала, безъ того, чтобы не входить въ подробныя вычисленія, несовмѣстныя съ нашимъ предметомъ: но намъ не трудно будетъ довести изъясненіе до той точки, гдѣ начинаются уже подробности, такимъ образомъ, чтобы можно было хорошо понять существо дѣла и сдѣлать очевиднымъ выводъ, который долженъ оттуда слѣдовать.

565) Одно изъ свойствъ эллиптическаго движенія, происходящее отъ тяготѣнія и сообразное съ законами Кеплера, есть то, что ежели скорость, съ которою планета движется къ какой нибудь точкѣ своей орбиты, будетъ дана, равно какъ разстояніе этой точки отъ солнца; то и большая ось орбиты чрезъ это также опредѣлится. Все равно, по какому бы направленію

планета ни двигалась въ томъ моментъ: это будетъ только дѣйствовать на эксцентреность и положенія эллипса, но не на длину его большой оси. Такое свойство эллиптическаго движенія было доказано Невтономъ и есть одно изъ очевиднѣйшихъ и существеннѣйшихъ предложеній изъ всей его теоріи. Разсмотримъ теперь планету, описывающую безконечно малую дугу своей орбиты около солнца подъ общимъ вліяніемъ солнечнаго притяженія пертурбативной силы другой планеты. Эта дуга будетъ имѣть нѣкоторую извѣстную кривизну и направленіе; и поэтому можетъ быть принята за дугу извѣстнаго эллипса, описаннаго около солнца, какъ около фокуса, по той причинѣ, что какая бы ни была кривизна и направленіе искомой дуги, этотъ эллипсъ всегда можетъ быть опредѣленъ, ежели извѣстенъ фокусъ и его дуга, совпадающая съ кривой, которой крайнія двѣ точки безконечно сближены. Это извѣстно изъ Геометріи. Однако совсѣмъ не слѣдуетъ, что этотъ эллипсъ, опредѣленный такимъ образомъ на одинъ моментъ движенія, будетъ имѣть одинакіе элементы съ тѣмъ эллипсомъ, который опредѣленъ по дугѣ предъидущихъ или послѣдующихъ моментовъ. Это случилось бы, если бы пертурбативная сила не существовала; но теперь дѣйствіемъ ея совершается измѣненіе элементовъ эллипса въ каждое мгновеніе и такимъ образомъ эллипсъ находится въ безпрерывномъ состояніи измѣненій. А когда планета достигнетъ конца искомой малой дуги, то вопросъ: станетъ ли она въ слѣдующій моментъ описывать дугу эллипса, имѣя туже самую ось или не ту, — будетъ зависѣть отнюдъ не отъ новаго направленія, даннаго ей дѣйствующими силами (по-

тому что большая ось, какъ мы видѣли, не зависитъ отъ этого направленія) и не отъ перемѣны разстоянія отъ солнца во время описанія первой дуги (потому что элементы эллипса вычислены по этой дугѣ, такъ что одна и таже ось должна принадлежать и первому и окончательному разстоянію). Короче, вопросъ: получитъ ли планета при слѣдующей дугѣ новую большую ось или она останется таже, будетъ зависѣть единственно отъ перемѣны скорости, сообщенной дѣйствіемъ пертурбативной силы. Мы говоримъ: дѣйствіемъ пертурбативной силы; потому что центральная сила, находящаяся въ фокусѣ, не можетъ сообщить ей такой перемѣны скорости, которая нарушила бы неподвижность какого нибудь эллипса, въ которомъ планета могла бы, въ какое угодно время, двигаться свободно около фокуса.

566) Такимъ образомъ мы видимъ, что моментальное измѣненіе большой оси зависитъ единственно отъ моментальнаго дѣйствія пертурбативной силы, не взирая на направленіе скорости сообщенной этою пертурбативною силою, и также на перемѣны разстоянія солнца отъ планеты, происходящія отъ измѣненія другихъ элементовъ орбиты. Итакъ какъ это случается въ каждый моментъ движенія; то выходитъ, что по прошествіи нѣкотораго, весьма впрочемъ продолжительнаго времени, величина перемѣны, которой большая ось можетъ подвергнуться, опредѣлится удаленіемъ, которое пертурбативная сила произведетъ между скоростью дѣйствительною и скоростью эллиптическою, независимо отъ измѣненій, произведенныхъ тоюже силою на

другіе элементы, кромѣ только того, если они измѣняютъ скорость. Вотъ пунктъ, въ которомъ точное опредѣленіе дѣйствій должно быть основано на вычисленіяхъ Геометровъ. Но мы тотчасъ замѣтимъ, что эти вычисленія кончатся только доказательствомъ періодическаго свойства и окончательнаго вознагражденія всѣхъ возможныхъ измѣненій оси, если представимъ себѣ, что вращеніе двухъ планетъ около солнца по одному и тому же направленію и въ несоизмѣримые періоды должно наконецъ произвести то, что онѣ представятся одна въ отношеніи къ другой во всѣхъ возможныхъ измѣненіяхъ близости и удаленія, во всѣхъ положеніяхъ взаимнаго разстоянія, и слѣдственно напряженности ихъ взаимнаго дѣйствія. Какая бы ни произошла скорость при одномъ пертурбативномъ дѣйствія планетъ одной на другую: перемѣна скорости въ одномъ положеніи уничтожается ею въ другомъ, черезъ дѣйствіе одного измѣненія соразположеній (конфигурацій).

567) Отсюда заключаемъ, что измѣненіе большихъ осей планетныхъ орбитъ зависитъ исключительно отъ цикловъ соразположеній, подобныхъ тѣмъ, отъ которыхъ зависитъ великая неровность Юпитера и Сатурна или неровность земли и Венеры, о которыхъ говорено выше, — неровности, на которыя дѣйствительно можно смотрѣть какъ на слѣдствіе подобныхъ же періодическихъ измѣненій въ осяхъ. И точно, изъясненіе, которое мы дали этимъ неровностямъ, полагая ихъ происходящими отъ совокупленія несовершенно вознагражденныхъ дѣйствій касательной пертурбативной силы, представляетъ намъ прямое изъясненіе измѣненій

осей; потому что дѣйствіе этой силы направлено почти по направленію или противу направленія скорости возмущенныхъ планетъ.

568) Разсмотримъ теперь дѣйствіе пертурбацій на измѣненія эксцентренности и положенія оси въ плоскости возмущенной орбиты. Такая перемѣна положенія (какъ мы замѣтили въ статьѣ 318) дѣйствительно случается, хотя очень медленно, въ оси земной орбиты, и гораздо быстрѣе въ оси лунной орбиты (статья 360).

569) Перемѣщеніе или движеніе апсидовъ лунной и планетныхъ орбитъ можетъ быть изъяснено весьма хорошимъ механическимъ приборомъ, который даетъ притомъ ясное понятіе о движеніи, которое совершается въ орбитѣ подъ вліяніемъ центральныхъ силъ, измѣняющихся по положенію движущагося тѣла. Представимъ себѣ свинцовую гирю, повѣшенную на мѣдной или желѣзной проволокѣ и привязанную къ крючку, прикрѣпленному къ потолку, такъ, чтобы она могла свободно двигаться во всѣ стороны; а когда остается въ покоѣ, — то чтобы едва касалась пола или стола, поставленнаго около двенадцати футовъ ниже крючка. Опорная точка должна быть твердо укрѣплена, чтобы при размахахъ гири не шевелилась; а гиря должна имѣть достаточный вѣсъ, чтобы проволока вытянулась натуго, но съ тѣмъ вмѣстѣ чтобъ и не лопнула. Пусть теперь дано будетъ самомалѣйшее движеніе этой гирѣ, но только такъ, чтобы она качалась и не удалялась отъ вертикальнаго направленія, и чтобы дать ей

былъ ей со стороны только легкій толчекъ. Тогда она станетъ описывать правильный эллипсъ около точки равновѣсія какъ около центра. Ежели гиря достаточно тяжела и имѣетъ у нижняго конца карандашъ, привязанный по направленію проволоки, то эллипсъ можетъ начертиться на бумагѣ, подложенной подъ карандашемъ. При такихъ обстоятельствахъ, положеніе большой и малой осей эллипса очень долго не измѣняется, хотя сопротивленіе воздуха и упругость проволоки постепенно станутъ уменьшать размѣренія и эксцентренность. Но ежели толчекъ, данный гирѣ, будетъ значителенъ, такъ что она удалится на 15 или 20° отъ вертикальнаго направленія, тогда это постоянство въ положенія эллипса не будетъ имѣть мѣста. Оси его будутъ перемѣнять свое положеніе при каждомъ вращеніи гири по ея направленію равномѣрнымъ и правильнымъ движеніемъ, которое наконецъ заставитъ ихъ описывать полную окружность и представитъ глазу очень точное движеніе апсидовъ лунной орбиты.

570) Нетрудно угадать причину этой прогрессіи движенія апсидовъ. Тяжесть повѣшенная на проволокѣ, и отведенная въ сторону отъ вертикала, стремится дать проволокѣ вертикальное направленіе силою по направленію перпендикулярному, въ каждый моментъ, къ проволокѣ и эта сила измѣняется какъ синусъ уклоненія проволоки отъ вертикала. Но синусы очень малыхъ дугъ почти пропорціональны самимъ дугамъ; и тѣмъ справедливѣе это, чѣмъ дуги меньше. Ежели поэтому уклоненія отъ вертикала такъ малы, что мы можемъ оставить безъ вниманія кривизну сферической поверхно-

сти, въ которой гиря вращается, и принять описанную на ней кривую совмѣщающеюся съ проекціею на горизонтальной плоскости: тогда тяжесть будетъ двигаться при тѣхъ же обстоятельствахъ, какъ и вращающееся около центра тѣло, котораго притяженіе измѣняется въ прямомъ содержаніи разстояній; описанная въ этомъ случаѣ кривая будетъ эллипсъ, имѣющій центръ притяженія не въ фокусѣ, но въ центрѣ, и апсиды этого эллипса останутся неизмѣнными. Но если качанія или удаленія тяжести отъ вертикала будутъ значительны, тогда сила, влекущая ее къ центру, и измѣняющаяся въ содержаніи синусовъ, станетъ измѣняться менѣе чѣмъ дуга. Синусъ хотя и продолжаетъ увеличиваться по мѣрѣ увеличенія дуги, но все не такъ быстро. Какъ скоро дуга возъимѣетъ какую нибудь значительную величину, тогда содержаніе синуса начнетъ понемногу отставать, и будетъ несообразно съ точнымъ числительнымъ содержаніемъ дугъ; и поэтому сила влекущая тяжесть къ центру, или къ точкѣ пояса, въ большихъ разстояніяхъ, не доходитъ количествомъ до того, чтобы тяжесть или тѣло описало точную эллиптическую орбиту. Слѣдственно, при большихъ разстояніяхъ, она не будетъ имѣть вліянія на тяжесть, въ содержаніи ея скорости, которая пособляетъ ей отклоняться отъ прямолинейнаго касательнаго пути въ эллипсъ. Истинный путь, описанный тѣломъ, будетъ менѣе кривъ, въ отдаленныхъ частяхъ, чѣмъ позволяетъ эллиптическая форма, какъ на фигурѣ показано (фиг. 70); и потому движеніе не такъ скоро сдѣлается перпендикулярнымъ къ радіусу. Для этого оно требуетъ продолжительнѣйшаго дѣйствія центральныхъ силъ; и пре-

жде чѣмъ это совершится, тяжесть или тѣло болѣе одной четверти своего вращенія должно пройти около центра въ угловомъ движеніи. Вотъ въ другихъ словахъ то, что разумѣютъ, когда кратко говорятъ, что *апсиды орбиты упреждаютъ* или ускоряютъ.

571) Все, что мы выше сказали объ этомъ предметѣ, примѣняется, mutatis mutandis, къ движеніямъ луны и планетъ; напримѣръ, дѣйствіе солнца на луну, кромѣ касательной пертурбативной силы, которой теперь мы не будемъ разсматривать, производитъ силу по направленію радіуса вектора, которая не подлежитъ закону земнаго притяженія: эта центральная сила, въ соединеніи съ земнымъ притяженіемъ, отвлечетъ луну въ орбиту, уклоняющуюся отъ эллиптическаго вида, такъ что она будетъ въ удаленіи отъ перигелія, или слишкомъ много, или слишкомъ мало искривленною, противу той кривизны, по которой апогей точно пришелъ бы на 180° отъ перигея; — слишкомъ много, ежели совокупная, возникающая оттуда сила уменьшается медленнѣе, чѣмъ обратное отношеніе квадратовъ разстояній;—слишкомъ мало, ежели совокупная сила уменьшается скорѣе, чѣмъ тяготѣніе, или скорѣе, чѣмъ обратные квадраты разстоянія, а поэтому при большихъ разстояніяхъ будетъ слишкомъ слабою. Въ первомъ случаѣ излишняя кривизна приведетъ луну къ ея апогею скорѣе, чѣмъ это случилось бы въ эллиптической орбитѣ; въ послѣднемъ кривизна недостаточна, и поэтому приведетъ ее къ апогею позже. Слѣдственно въ первомъ случаѣ линія апсидовъ будетъ отставать; а въ послѣднемъ уходить или упреждать (смотр. фиг. 71 и 72).

572) Оба эти случаи бываютъ въ различныхъ сорасположеніяхъ солнца и луны. Въ сизигіяхъ, дѣйствіе солнечнаго притяженія уменьшаетъ тяготѣніе земли, силою, которой законъ измѣненія, вмѣсто обратныхъ квадратовъ, слѣдуетъ прямому, пропорціональному содержанію разстояній; между тѣмъ какъ въ квадратурахъ случается напротивъ: полное дѣйствіе центральной возмутительной силы здѣсь стремится совокупиться съ земнымъ тяготѣніемъ; но приданная часть здѣсь, какъ и въ первомъ случаѣ, остается въ прямомъ содержаніи разстояній. По этому, движеніе луны, въ первомъ изъ этихъ положеній, и близко къ тому, будетъ превращено въ эллипсъ, котораго апсиды будутъ въ состояніи упредительномъ; а въ послѣднемъ и близко къ нему въ состояніи отставательномъ. Но мы уже видѣли (въ статьѣ 556), что среднее дѣйствіе, происходящее отъ взаимныхъ противудѣйствій этихъ временныхъ величинъ возмутительной силы, даетъ перевѣсъ отрицательной или уменьшающей силѣ; слѣдственно, въ отношеніи къ среднему, полному вращенію. лунные апсиды будетъ упреждать.

573) Такое разсужденіе даетъ, кажется, удовлетворительное изъясненіе касательно упрежденія луннаго апогея; но довольно затруднительно примѣнить его къ опредѣленію числительной скорости этого упрежденія: потому что если бы и примѣнить, то окажется въ половину меньше настоящаго движенія, узнаннаго по наблюденіямъ, а остальная половина зависитъ отъ дѣйствія касательной силы. Иточно, возрастаніе въ касательной скорости должно произвести уменьшеніе кривизны

лунной орбиты, какъ это произведетъ и уменьшеніе центральной силы, — и наоборотъ. Когда прямое дѣйствіе касательной силы состоитъ въ томъ, чтобы производить колебаніе въ скорости луны выше и ниже эллиптической ея формы; то оно же должно произвести то упрежденіе то опаздываніе апогея. Это бы само собою уравнялось или вознаградилось, если бы *апогей неизмѣнялся*; но этого не бываетъ. Апогей постоянно находится въ быстромъ упрежденіи, единственно отъ дѣйствія центральной силы. Не уравненная часть вліянія силы касательной остается по этому безъ дѣйствія (какъ мы часто уже говорили); и часть эта такъ раздѣлена по орбитѣ, что, согласуясь съ дѣйствіями силы центральной, она почти удвоетъ ихъ окончательное слѣдствіе. Вотъ, что разумѣютъ Геометры, когда говорятъ, что эта часть дѣйствія апогея происходитъ отъ квадрата пертурбативной силы. Дѣйствіе касательной силы на апогей вознаграждало бы само себя, еслибы не то движеніе, которое дано уже апогею силою центральною: и мы здѣсь видимъ, что не вознаградимость происходитъ отъ противудѣйствія одной пертурбаціи на другую.

574) Замѣчательная и многосложная пертурбація, описанная въ предъидущей статьѣ, сдѣлала Геометрамъ больше затрудненій, чѣмъ какая либо другая часть лунной теоріи. Невтонъ самъ успѣлъ опредѣлить ту часть движенія апогея, которая происходитъ отъ прямаго дѣйствія центральной силы; но по наблюденіямъ находя, что это только половина величины упомянутаго движенія, онъ оставилъ этотъ предметъ нерѣшеннымъ.

Преемники его, много времени спустя, принялись за рѣшеніе, по видимому, съ надеждою на успѣхъ. Но выводы Невтона были точно повѣряемы, и трудное изысканіе, употребленное на сей предметъ, осталось безплоднымъ, такъ что начали въ самомъ дѣлѣ сомнѣваться, чтобы движеніе апогея можно было объяснить Невтоновымъ закономъ тяготѣнія. Но это сомнѣніе было уничтожено тѣмъ же самымъ Геометромъ Клеро, который далъ сначала поводъ къ нему. Онъ превосходно исправилъ эту ошибку, и доказалъ точное согласіе между теоріею и наблюденіями, взявъ въ соображеніе дѣйствіе касательной пертурбативной силы. Періодъ движенія апогея, какъ было сказано въ статьѣ 360, имѣетъ около 9 лѣтъ.

575) Таже самая причина, отъ которой зависитъ перемѣщеніе линіи апсидовъ въ возмущенной орбитѣ, производитъ соотвѣтствующую перемѣну въ ея эксцентренности. Это будетъ очевидно, если разсмотримъ фигуры 1 и 2 въ статьѣ 571. Такъ какъ возмущенное тѣло (въ фиг. 1) на пути отъ нижняго къ верхнему апсиду терпитъ дѣйствіе большее, чѣмъ нужно для удержанія его въ эллиптической орбитѣ, и слишкомъ искривлено, — то весь путь будетъ лежать внутри эллипса, какъ показано пунктированною линіею; когда же тѣло достигнетъ верхняго апсида, то разстояніе его будетъ короче, чѣмъ въ возмущенной орбитѣ; т. е. эксцентренность орбиты, опредѣленная сравнительными разстояніями двухъ апсидовъ отъ фокуса, будетъ уменьшаться; это значитъ — орбита приметъ болѣе круговую форму. Противное дѣйствіе случится

въ фиг. 2. Слѣдственно, между моментальнымъ измѣненіемъ перигелія возмущенной орбиты и моментальнымъ измѣненіемъ ея эксцентренности есть сродство, подобное тому, какое соединяетъ перемѣну наклоненія съ движеніемъ узловъ; и дѣйствительно, точныя Геометрическія теоріи того и другаго рода явленій представляютъ близкую аналогію и ведутъ окончательно къ тѣмъ же выводамъ. Измѣненіе эксцентренности въ отношеніи къ движенію перигелія, есть тоже самое, что̀ перемѣна наклоненій къ движенію узловъ. Въ обоихъ случаяхъ періодъ одного есть также періодъ другаго. Между тѣмъ, перигеліи описываютъ значительные углы колебательнымъ движеніемъ назадъ и впередъ, или вращаются въ чрезвычайно длинные періоды времени, около полнаго круга; а эксцентренности увеличиваются и уменьшаются, въ предѣлахъ весьма тѣсныхъ, и наконецъ принимаютъ первоначальныя свои величины. Что касается до луны, то какъ быстрое движеніе ея узловъ препятствуетъ тому, чтобы перемѣны наклоненія накоплялись до значительной величины, — такъ точно еще быстрѣйшее вращеніе ея апогея производитъ скорое вознагражденіе между колебаніями эксцентренности, и никогда не дозволяетъ ей возрасти до значительной степени; и точно, такъ какъ лунная орбита въ обоихъ случаяхъ чрезвычайно быстро перебываетъ во всѣхъ возможныхъ положеніяхъ въ отношеніи ко всѣмъ пертурбативнымъ силамъ, происходятъ ли онѣ отъ солнца, планетъ, или отъ экваторіальной возвышенности земли: то и не можетъ быть какого нибудь вѣковаго накопленія малыхъ измѣненій, которыми въ продолженіи вѣковъ эллиптичество ея могло бы увеличиться или

уменьшиться. По тому — то всѣ астрономическія наблюденія согласуются въ томъ, что средняя эксцентренность лунной орбиты не потерпѣла ни малѣйшей перемѣны отъ самихъ древнихъ временъ.

576) Движенія перигелія и перемѣны эксцентренности планетныхъ орбитъ, находятся въ тѣсной между собою связи, точно такимъ же образомъ, и почти по тѣмъ же законамъ, какъ и движенія узловъ и перемѣны наклоненія. Каждая планета дѣйствуетъ на какую нибудь другую, и всякое такое взаимное дѣйствіе производитъ собственный свой періодъ вознагражденія; и всякой такой періодъ, въ слѣдствіе началъ, изъясненнымъ въ статьѣ 526, разпространяется по всей системѣ. Такимъ образомъ нараждаются циклы на циклы; и что бы имѣть понятіе объ ихъ продолжительности, довольно знать продолжительность одного изъ такихъ періодовъ, относящагося къ двумъ главнымъ планетамъ — Юпитеру и Сатурну. Оставляя безъ вниманія дѣйствіе всѣхъ другихъ, мы можемъ видѣть, что дѣйствіе взаимнаго притяженія этихъ двухъ планетъ будетъ производить измѣненіе въ эксцентренности Сатурновой орбиты между предѣлами 0, 08409 до 0, 01345; между тѣмъ какъ эксцентренность Юпитера измѣняется въ меньшихъ границахъ, отъ 0,06036 до 0, 02606; наибольшая эксцентренность Юпитере соотвѣтствуетъ наименьшей Сатурна и обратно. Періодъ, въ которомъ эти перемѣны случатся, будетъ 70,414 лѣтъ. По этому примѣру легко можно понять, что потребно нѣсколько милліоновъ лѣтъ для полнаго развитія сложнаго цикла, что бы онъ всю систему привелъ въ перво-

начальное ея положеніе, по крайней — въ отношеніи къ эксцентренности орбитъ.

577) Мѣсто перигелія въ планетной орбитѣ не очень важно, въ отношеніи къ ея физическому состоянію; но эксцентренность весьма важна; потому что отъ ней именно (при томъ условіи, что большія оси неподвижны) зависитъ средняя температура поверхности планеты, и крайнія степени измѣняемости временъ года. И точно, весьма не трудно доказать, что среднее годовое количество свѣта и теплоты, получаемое планетою отъ солнца есть, coeteris paribus, пропорціонально малой оси эллипса, ею описаннаго. Слѣдственно, всякое измѣненіе въ эксцентренности, перемѣняя малую ось, производитъ перемѣну въ средней температурѣ на поверхности. Какимъ образомъ такая перемѣна можетъ имѣть вліяніе на температуру: это можно видѣть изъ статьи 315. Послѣ этого естественно раждается вопросъ: не можетъ ли случиться, что въ продолженіе того необъятнаго цикла, о которомъ мы говорили, перемѣны эксцентренности, происходящія отъ различныхъ, совокупно дѣйствующихъ причинъ, накопятся до такой степени, что эксцентренность орбиты какой нибудь планеты на прим. земли, — сдѣлается чрезвычайно великою, такъ что на землѣ нельзя будетъ жить человѣку, — или произведетъ по крайней мѣрѣ перемѣны въ выгодахъ его физическаго состоянія? — Изысканія Геометровъ позволяютъ намъ отвѣчать на этотъ вопросъ отрицательно. Лагранжъ доказалъ, что есть отношеніе между массами планетъ, осями и эксцентренностями ихъ орбитъ, подобное тому, ка-

кое существуетъ для наклоненій, и выразился такъ: *Ежели массу каждой планеты помножимъ на квадратный корень большой оси ея орбиты, и произведеніе на квадратъ ея эксцентриситета; то сумма всѣхъ подобныхъ произведеній, распространенная на всѣ тѣла системы, останется неизмѣнною.* На самомъ дѣлѣ эта сумма чрезвычайно мала, и всегда такою останется. Такъ какъ оси орбитъ не подвержены вѣковымъ измѣненіямъ, то все будетъ равно, ежели скажемъ такъ, что какая нибудь орбита, взятая въ отдѣльности, можетъ увеличивать свою эксцентренность, не иначе, какъ на счетъ *общаго фонда* или *запаса*, который всегда есть и долженъ быть чрезвычайно малъ. (*)

578) Мы упомянули уже выше о пертубаціяхъ, производимыхъ въ лунной орбитѣ возвышенными частями земнаго экваторе. Притяженіе сферы есть тоже, какъ если бы всѣ частицы матеріи были собраны въ центрѣ; но этого нельзя сказать о сфероидѣ. Притяженіе сфероида не прямо къ центру направлено и не слѣдуетъ строго закону обратныхъ квадратовъ разстоя-

(*) Въ этомъ отношеніи, нѣтъ ничего достаточнаго для предохраненія малыхъ планетъ (Меркурія, Марса, Юноны и Цереры и проч.) отъ катастрофы, произведенной накопленіемъ, на одну изъ нихъ, или на всѣ вмѣстѣ, цѣлаго количества *общаго запаса* эксцентренности. Но этого никогда не можетъ быть: Юпитеръ и Сатурнъ удержатъ большую часть. Подобное замѣчаніе примѣняется къ общему *запасу* или *фонду* наклоненія (стат. 515). Эти фонды, надобно замѣтить, никогда не теряютъ своего кредита.

ній. Отсюда происходитъ, въ движеніяхъ луны, рядъ чрезвычайно незначительныхъ, впрочемъ примѣтныхъ пертурбацій, которымъ подлежитъ узелъ и апогей. Болѣе значительное слѣдствіе этой причины есть незначительная нутація въ лунной орбитѣ, совершенно сходная съ той, которую производитъ луна въ плоскости земнаго экватора дѣйствіемъ подобной же возвышенности. И вообще можно замѣтить, что въ системахъ планетъ, которыя имѣютъ спутниковъ, эллиптическая фигура главной планеты стремится привести орбиты спутниковъ въ совмѣщеніе съ ея экваторомъ. Это стремленіе чрезвычайно слабое для земли, становится значительнымъ для Юпитера, котораго эллиптичество весьма значительно, а особливо для Сатурна, гдѣ эллиптичество самаго тѣла увеличено притяженіемъ колецъ; здѣсь оно пересиливаетъ всякую внѣшнюю и внутреннюю причину пертурбаціи, производя и сохраняя точное совмѣщеніе плоскостей, о которыхъ мы говоримъ, — по крайней мѣрѣ въ отношеніи ближайшихъ спутниковъ, къ планетѣ. Отдаленнѣйшіе спутники, сравнительно, меньше подвержены дѣйствію этого стремленія: потому что разность притяженій, свойственныхъ сферѣ и сфероиду, быстро уменьшается по мѣрѣ увеличенія разстояній. Такимъ образомъ орбиты всѣхъ шести ближайшихъ спутниковъ Сатурна лежатъ почти въ плоскости кольца и экватора планеты; а внѣшній, котораго разстояніе отъ Сатурна содержитъ около шестидесяти или семидесяти діаметровъ планеты, имѣетъ орбиту, значительно наклоненную къ этой плоскости. Съ другой стороны такое значительное разстояніе, позволяющее спутнику удер-

живать настоящую свою наклонность, препятствуетъ, по тойже самой причинѣ, кольцу и экватору планеты быть значительно возмущенными отъ его притяженія, или быть подверженными какому нибудь движенію, сходному съ нашею нутаціею и прецессіею. Ежели бы онѣ даже и существовали, то должны быть медленнѣе земныхъ: седьмой спутникъ, самый впрочемъ огромный въ планетной системѣ, имѣетъ, сколько можно судить по видимой его величинѣ, массу гораздо меньшую въ отношеніи къ массѣ Сатурна, чѣмъ масса луны въ отношеніи къ массѣ земли; между тѣмъ какъ солнечная прецессія, по причинѣ чрезвычайнаго разстоянія солнца, должна быть совершенно неизмѣнною.

579) Сравненіе теоріи планетныхъ пертурбацій съ наблюденіями есть единственное средство узнать массу тѣхъ планетъ, у которыхъ нѣтъ спутниковъ. Каждая планета производитъ нѣкоторую пертурбацію въ движеніи всякой другой пропорціонально своей массѣ и степени преимущества, которое зависитъ отъ положенія ея въ системѣ. Послѣдній элементъ можно съ точностію вычислить, перваго же нельзя узнать безъ наблюденія произведенныхъ имъ дѣйствій. Когда такимъ образомъ опредѣляютъ массы планетъ, тогда теорія бываетъ лучшимъ пособіемъ: она указываетъ благопріятнѣйшія обстоятельства отдѣлить послѣдовательно всякую неровность отъ множества тѣхъ, которымъ подвержена попеременно каждая планета; она указываетъ законы, по которымъ эти неровности увеличиваются и уменьшаются періодически; она опредѣляетъ отношеніе между величиною каждой неровности, и ве-

личиною массы, отъ которой неровность произошла. Именно при помощи теоріи, и усматривая неправильности, которыя Юпитеръ производитъ въ движеніяхъ планетъ внѣзодіакальныхъ, наконецъ удостовѣрились, что массу самаго Юпитера, употребленную Лапласомъ въ его изысканіяхъ, и связанную съ составленіемъ всѣхъ планетныхъ таблицъ, невѣрно опредѣлили, судя только по наблюденіямъ Пунда и многихъ другихъ объ удаленіи его спутниковъ. Такое же ошибочное заключеніе получено и такая же невѣрная масса выведена изъ пертурбацій Юпитера на комету Энке. Погрѣшность эта была очень важна, потому что масса Юпитера послѣ массы солнца больше всѣхъ имѣетъ вліянія на планетную систему. Но профессоръ Айри указалъ, что погрѣшность допущена прежними наблюдателями при микрометрическихъ измѣреніяхъ наибольшаго удаленія спутниковъ, и что она изчезла, когда измѣреніе было сдѣлано съ большею точностью и когда употреблены къ тому новѣйшіе инструменты, гораздо совершеннѣйшіе прежнихъ.

580) Какъ пертурбаціи планетъ ведутъ насъ къ познанію ихъ массъ по сравненію съ массою солнца: точно также пертурбаціи спутниковъ Юпитера уже привели, а пертурбаціи спутниковъ Сатурна, конечно, приведутъ насъ къ познанію отношенія массъ этихъ спутниковъ къ массамъ ихъ главныхъ планетъ. Система Юпитеровыхъ спутниковъ тщательно была изслѣдована Лапласомъ; и по его теоріи, сравненной съ безчисленными наблюденіями ихъ закрытій, опредѣлены ихъ массы, указанныя въ статьѣ 463. Немного есть теорети-

ческихъ выводовъ, столько же поразительныхъ, какъ этотъ выводъ, по которому оказывается, что масса солнца, взвѣшенная на однихъ и тѣхъ же вѣсахъ съ массами этихъ ничтожныхъ по отношенію къ нему атомовъ, превосходитъ меньшій изъ нихъ содержаніемъ 65,000,000 къ 1.

ГЛАВА XII.

О ЗВѢЗДАХЪ.

О звѣздахъ вообще. Раздѣленіе ихъ на классы, соразмѣрно видимымъ ихъ величинамъ. Размѣщеніе ихъ по небу. О млечномъ путѣ. Годовой параллаксъ. Истинныя разстоянія, вѣроятныя размѣренія, и составъ звѣздъ. Перемѣнныя звѣзды. Временныя звѣзды. О двойныхъ звѣздахъ. Вращенія ихъ другъ около друга въ эллиптическихъ орбитахъ. Вліяніе закона тяготѣнія на системы двойныхъ звѣздъ. О цвѣтныхъ звѣздахъ. Собственное движеніе солнца и звѣздъ. Аберрація и параллаксъ звѣздной системы. Системы звѣздъ. Группы звѣздъ. Туманныя пятна. Кольцеобразныя и планетныя туманности. Зодіакальный свѣтъ.

---

581) Кромѣ тѣлъ, нами описанныхъ въ предъидущихъ главахъ, небо представляетъ намъ чрезвычайное множество другихъ свѣтилъ, которыя извѣстны подъ общимъ названіемъ звѣздъ. Хотя каждое изъ этихъ свѣтилъ имѣетъ свое характерическое отличіе не толь-

ко въ яркости, но въ другихъ существенныхъ признакахъ, но всѣ онѣ имѣютъ одно общее свойство, именно — большую степень неподвижности въ ихъ видимыхъ, взаимныхъ положеніяхъ. Это дало имъ названіе *неподвижныхъ звѣздъ*, — выраженіе, которое должно понимать въ относительномъ, а не въ абсолютномъ смыслѣ: ибо извѣстно, что нѣкоторыя звѣзды, а вѣроятно и всѣ, находятся въ движеніи, хотя едва примѣтномъ по его медленности; его можно замѣтить, только наблюдая самымъ утонченнымъ образомъ, въ продолженіи множества лѣтъ.

582) Астрономы привыкли различать звѣзды по ихъ видимой яркости, называемой у нихъ *величиною*. Самыя свѣтлыя звѣзды называются звѣздами первой величины; другія, имѣющія свѣтъ столько слабый, что рѣзко отличаются отъ первыхъ, относятся ко второму разряду и такъ далѣе — до шестой или седьмой величины: звѣзды седьмой величины суть самыя малыя, какія только видны простому глазу въ ясную, темную ночь. Кромѣ того, телескопами можно разсмотрѣть звѣзды отъ 8-й до 16 величины; но этого совсѣмъ не должно считать предѣломъ открытія звѣздъ: всякое увеличеніе въ силѣ телескопа, до котораго время отъ времени доходили въ Оптикѣ, открывало безчисленное множество небесныхъ свѣтилъ, прежде невиданныхъ, такъ что число звѣздъ дѣйствительно должно быть для насъ безчисленно, въ полномъ смыслѣ этого слова.

583) Однако надобно замѣтить, что классификація звѣздъ по величинѣ совершенно произвольна. Между мно-

жествомъ свѣтящихъ предметовъ, различающихся, конечно, какъ въ свѣтѣ такъ и въ величинѣ, и разсѣянныхъ на неравныхъ отъ насъ разстояніяхъ, одинъ долженъ казаться намъ *ярчѣе всѣхъ прочихъ*, другой темнѣе и т. д. Но въ этой безконечной прогрессіи, начиная отъ предмета самаго блестящаго до такого, который совершенно не примѣтенъ для глазъ нашихъ, установленіе разграниченій, раздѣленій есть дѣло чисто условное. Привычка однако утвердила такое условіе, и хотя невозможно съ точностью опредѣлить a priori, гдѣ одна величина граничитъ съ другой, и хотя всѣ наблюдатели не были согласны въ опредѣленіи величинъ звѣздъ: но вообще согласились считать звѣздами первой величины не болѣе, какъ отъ 15 до 20 звѣздъ; — второй отъ 50 до 60; третьей величины около 200 и такъ далѣе: числа очень увеличиваются, по мѣрѣ уменьшенія величинъ, такъ что все число звѣздъ, помѣщенныхъ въ таблицы, до седьмой величины включительно, простирается отъ 15,000 до 20,000.

584) Такъ какъ мы не видимъ настоящаго круга (диска) звѣздъ, но судимъ о величинѣ ихъ единственно по впечатлѣнію, которое производятъ на глазъ нашъ ихъ смѣтенные лучи: то видимая *величина* какой нибудь звѣзды, очевидно, должна зависѣть: во 1-хъ, отъ разстоянія, въ которомъ она отъ насъ находится, во 2-хъ отъ абсолютной величины освѣщенной ея поверхности; и въ 3 хъ, отъ существеннаго свѣта этой поверхности. Но какъ мы ничего или почти ничего не знаемъ объ этихъ данныхъ, и имѣемъ причину думать, что каждый изъ этихъ элементовъ въ различныхъ звѣз-

дахъ можетъ разниться отъ другаго въ содержанiи многихъ миллiоновъ къ единицѣ: то нельзя ожидать, что бы можно было извлечь какiя нибудь удовлетворительныя заключенiя изъ числительныхъ отношенiй, распорядокъ которыхъ въ нашихъ подраздѣленiяхъ есть совершенно искуственный. И до сихъ поръ Астрономы не согласились еще въ законѣ фотометрическихъ (*) отношенiй величинъ, хотя сознаются, что этотъ законъ близко подходитъ къ Геометрической прогрессiи, (**) въ которой всякая величина есть половина предъидущей. Впрочемъ очень желательно, что бы устранена была такая произвольная классификацiя и чтобы можно было, на основанiи вѣрныхъ опытовъ фотометрiи, числительнымъ образомъ знать видимый свѣтъ каждой звѣзды. Это указало бы такiе признаки, которые называютъ въ Натуральной Исторiи опредѣлительными и послужило бы знакомъ сравненiя, для опредѣленiя перемѣнъ, которымъ блескъ звѣздъ можетъ подвергаться,— перемѣнъ, которыя дѣйствительно происходятъ въ большей части звѣздъ, и которыя можно предполагать въ отношенiи ко всѣмъ другимъ. Впрочемъ, за первое приблизительное изчисленiе можно принять слѣдующiя пропорцiи свѣта, выведенныя Сиромъ В. Гершелемъ изъ его наблюденiй надъ нѣкоторыми звѣздами, и даже запомнить ихъ.

Среднiй свѣтъ звѣзды 1-й величины = 100.
2-й — — — = 25.

(*) φῶς, свѣтъ, μετρέω, измѣрять.
(**) Струве, Катал. Двойныхъ звѣздъ. Дерптъ, Стр. 33.

3-й — — — = 12.
4-й — — — = 6.
5-й — — — = 2.
6-й — — — = 1.

По собственнымъ моимъ наблюденіямъ я нашелъ, что свѣтъ Сиріуса, самой свѣтлой изъ всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ, имѣетъ около 324 разъ болѣе противу средняго свѣта звѣзды 6 величины.

585) Ежели сравненіе звѣздъ, по порядку видимыхъ величинъ, не ведетъ къ опредѣленному заключенію: то совсѣмъ иное представитъ намъ отношеніе величинъ къ порядку размѣщенія ихъ на сводѣ небесномъ. Дѣйствительно, ежели ограничимся звѣздами первыхъ трехъ или четырехъ величинъ: то найдемъ, что онѣ разпредѣляются по сферѣ довольно равномѣрно; но какъ скоро мы возьмемъ въ расчетъ всѣ звѣзды, какія только представляются простому, невооруженному глазу; то замѣтимъ, что число ихъ увеличивается и много и быстро, по мѣрѣ приближенія нашего къ краямъ млечнаго пути. И когда доходимъ до телескопныхъ величинъ, то открываемъ число звѣздъ, около этого пояса и вѣтвей отъ него изходящихъ, превышающимъ всякое вѣроятіе; такъ что (ст. 253) весь свѣтъ млечнаго пути составленъ только изъ звѣздъ, которыхъ средняя величина около 10 или 11 величины.

586) Такое явленіе согласно съ тѣмъ предположеніемъ, что звѣзды, которыми усѣянъ сводъ небесный, вмѣсто того, чтобъ быть разбросанными въ простран-

сивѣ безъ разбору по всѣмъ направленіямъ, образуютъ слой, котораго толщина мала въ сравненіи съ длиною и шириною, и въ которомъ земля занимаетъ извѣстное мѣсто около средины толщины и близъ того мѣста, гдѣ этотъ слой раздѣляется на двѣ главныя вѣтьви, наклоненныя одна къ другой подъ малымъ угломъ. Очевидно, что для глаза, въ такой точкѣ помѣщеннаго, видимая плотность звѣздъ, въ томъ предположеніи, что онѣ довольно ровно размѣщены въ пространствѣ, будетъ наименьшая по направленію видимаго луча, какъ SA (фиг. 73), перпендикулярнаго къ слою, и наибольшее въ ширинѣ, какъ SB, SC, SD; что плотность быстро увеличивается, проходя отъ перваго направленія къ другимъ, точно также, какъ мы видимъ сумракъ въ атмосферѣ, который сгущается быстро въ видѣ тумана по мѣрѣ приближенія къ горизонту единственно отъ быстраго увеличенія видимаго луча, проходящаго черезъ воздушные слои. Вотъ — предположеніе о составѣ звѣзднаго неба, которое представилъ Сиръ Вилліамъ Гершель: имѣя сильные телескопы, онъ сдѣлалъ полный анализъ этого чуднаго пояса, и показалъ, что весь онъ составленъ изъ звѣздъ. Онѣ такъ стѣснены и такъ ихъ много, что въ одномъ полѣ трубы онъ насчиталъ прошедшими до 50,000, въ поясѣ двухъ градусовъ ширины (склоненія), и въ продолженіи одного часа наблюденія. Ужасныя разстоянія, въ которыхъ отдаленнѣйшія части млечнаго пути должны отъ насъ находиться, достаточно объясняютъ великое число звѣздъ малыхъ величинъ, которыя въ тѣхъ частяхъ мы усматриваемъ.

587) Когда говоримъ объ относительной дальности

извѣстныхъ странъ звѣзднаго неба передъ другими, то немедленно раждается вопросъ: какъ велико разстояніе до ближайшей неподвижной звѣзды? въ какомъ размѣрѣ устроена видимая нами твердь? какое отношеніе находится между ея размѣреніями и размѣреніями нашей системы? На эти вопросы Астрономія до сихъ поръ немогла дать удовлетворительныхъ отвѣтовъ. Все, что мы знаемъ объ этомъ предметѣ, знаемъ отрицательно. Посредствомъ точныхъ наблюденій, тонкихъ соображеній и умозрѣній, мы дошли сначала до справедливаго опредѣленія размѣреній земли; послѣ, взявъ эту за основаніе, доходимъ до познанія ея орбиты около солнца; потомъ, взявъ за пункты наблюденія двѣ противоположныя точки окружности этой орбиты, мы распространили наши мѣры даже до предѣловъ нашей планетной системы; и помощію знанія законовъ движенія кометъ, мы сдѣлали нѣсколько шаговъ за предѣлы самой отдаленной планеты. Но между этой отдаленнѣйшею орбитою и ближайшею звѣздой представляется бездна разстоянія, которой никакія наблюденія не могли опредѣлить — разстоянія, которое хотя и кажется намъ неимовѣрно великимъ, но все менѣе того, что есть на самомъ дѣлѣ.

588) Діаметръ земли служилъ намъ основаніемъ треугольника, въ тригонометрическомъ измѣреніи нашей системы, (ст. 226), для вычисленія разстоянія солнца; но чрезвычайная малость солнечнаго параллакса (ст. 304) дѣлаетъ вычисленіе этого треугольника (ст. 227) столь утонченнымъ, что не иное что, какъ стеченіе счастливыхъ обстоятельствъ, которыя представлялись въ прохожденіи Венеры (ст. 409), могло сдѣлать

выводы такого вычисленія довольно надежными. Но земной діаметръ слишкомъ малъ даже для прямой треангуляціи тѣлъ, сопредѣльныхъ нашей планетной системѣ (ст. 449); и мы бываемъ принуждены замѣнить суточный параллаксъ годовымъ, или, что все равно, основать наши вычисленія на относительныхъ скоростяхъ земли и планетъ въ ихъ орбитахъ (ст. 414), когда доводимъ треангуляцію нашу до такихъ границъ. Весьма естественно можно бы предположить, что такой огромный базисъ, какъ діаметръ земной орбиты, очень долженъ быть выгоденъ (ст. 227) для треангуляціи звѣздъ, — что перемѣщеніе земли, отъ одной точки ея орбиты до другой противоположной, произведетъ годовой параллаксъ звѣздъ, способный къ измѣренію и къ вычисленію; и что этими средствами мы можемъ дойти до точнаго познанія ихъ разстоянія. Но истощая всѣ утонченности наблюденій, Астрономы не въ состояніи были дойти до какого либо согласнаго, положительнаго заключенія; должно почесть совершенно доказаннымъ то, что величина этого параллакса даже для ближайшей неподвижной звѣзды, изъ всѣхъ, какія только наблюдали самымъ тщательнымъ образомъ, все еще остается скрытою и соединенною со случайными погрѣшностями, какія свойственны всѣмъ Астрономическимъ опредѣленіямъ. Такова однакожъ въ настоящее время точность, до которой доведены эти наблюденія, что еслибы искомая величина превышала одну секунду (т. е. еслибы радіусъ-векторъ земной орбиты при ближней неподвижной звѣздѣ имѣлъ хотя такой малый уголъ), то невозможно, что бы она оставалась для насъ извѣстною.

589) Радіусъ содержится къ синусу 1″, круглымъ числомъ, какъ 200,000 къ 1. — Таково должно быть *по меньшей мѣрѣ* отношеніе между разстояніемъ неподвижныхъ звѣздъ отъ солнца и разстояніемъ солнца отъ земли. Это послѣднее, какъ мы видѣли, превышаетъ земной радіусъ въ содержаніи 24,000 къ 1; а если выразить общепринятыми нашими нормальными числами, то земной радіусъ равняется 4000 Итал. милямъ. Поэтому, разстояніе звѣздъ отъ насъ не можетъ быть менѣе 4, 800,000,000 радіусовъ земли или 19, 200,000,000 миль. Чѣмъ это разстояніе еще больше — мы не знаемъ.

590) Въ такихъ числахъ воображеніе теряется. Одно средство постигнуть такія разстоянія есть время, которое употребляетъ свѣтъ, чтобы пробѣжать ихъ. Мы знаемъ, что свѣтъ пробѣгаетъ пространство со скоростію 192,000 миль въ секунду. По этому онъ долженъ по крайней мѣрѣ употребить 100,000,000 секундъ или болѣе трехъ лѣтъ, чтобы дойти отъ звѣзды до земли. Какія же разстоянія должны мы допустить для тѣхъ безчисленныхъ звѣздъ меньшихъ величинъ, которые открываемъ телескопами. Если мы допустимъ, что свѣтъ звѣзды, какой угодно величины, имѣетъ въ половину меньше свѣта, чѣмъ звѣзда слѣдующей значительнѣйшей величины, то ясно, что звѣзда первой величины должна быть отдалена въ 362 раза больше этого разстоянія, чтобы казаться звѣздной 16 величины. Слѣдственно, между безчисленнымъ множествомъ звѣздъ, видимыхъ въ телескопы, должно быть много такихъ, которыхъ свѣтъ употребляетъ болѣе тысячи лѣтъ на то, чтобы дойти до насъ; и когда

мы ихъ наблюдаемъ и замѣчаемъ ихъ перемѣны: это значитъ, что мы читаемъ ихъ тысячалѣтнюю исторію. Мы не можемъ не согласиться на такое заключеніе, когда допускаемъ ипотезу о дѣйствительномъ недостаткѣ свѣта во всѣхъ меньшихъ звѣздахъ млечнаго пути. Мы лучше опредѣлимъ это, когда познакомимся съ другими звѣздными системами, которыхъ существованіе открываютъ намъ телескопы: замѣчаемая въ ихъ устройствѣ аналогія удостовѣритъ насъ совершенно, что помянутая ипотеза согласна съ общимъ характеромъ всѣхъ Астрономическихъ фактовъ.

591) Оставимъ однако поле умозрѣній, и посредствомъ того, что намъ достовѣрно извѣстно о предѣлахъ, гораздо впрочемъ меньшихъ въ сравненіи съ разстояніями звѣздъ, извлечемъ изъ этого, отрицательнаго свойства, какое нибудь основательное познаніе объ истинныхъ величинахъ этихъ разстояній. Телескопы не даютъ намъ прямаго на сей случай свѣдѣнія. Круги (диски), видимые даже въ хорошіе телескопы, не имѣютъ ничего дѣйствительнаго: они не что иное, какъ оптическій обманъ. По этому, свѣтъ ихъ остается единственнымъ нашимъ указателемъ. Докторъ Волластонъ, прямыми фотометрическими измѣреніями, неоспоримо показалъ, что доходящій до насъ свѣтъ Сиріуса содержится къ солнечному какъ 1 къ 20,000,000,000. Значитъ, чтобы солнце казалось намъ величиной не больше Сиріуса, надобно передвинуть его во 141, 400 разъ дальше нынѣшняго разстоянія. Но мы уже видѣли, что разстояніе Сиріуса въ 200,000 разъ болѣе солнечнаго. Отсюда видно, что по меньшему предположенію истин-

ный свѣтъ Сиріуса долженъ быть не меньше какъ вдвое противъ солнечнаго; или, что Сиріусъ въ дѣйствительномъ его блескѣ по крайней мѣрѣ равняется двумъ солнцамъ; но по всей вѣроятности — гораздо больше (*).

592) Для чего эти величественныя тѣла такъ разбросаны въ пространствѣ? Вѣрно, не для того, чтобы свѣтить намъ ночью (потому что для этой цѣли было бы гораздо полезнѣе, если бы дана была еще одна луна величиною хоть въ тысячу разъ меньше той, которая теперь уже намъ сопутствуетъ), и не для того, чтобы они блистали, какъ пустые призраки, безъ всякаго значенія и жизни, чтобъ смущать насъ безполезными догадками. Правда, что они служатъ для человѣка неподвижными и постоянными точками, къ которымъ относитъ и которыми опредѣляетъ онъ другіе предметы; но тотъ вѣрно занимался Астрономіею безъ пользы, кто полагаетъ, что человѣкъ есть единственный предметъ Промысла, и кто не видитъ въ этомъ необъятномъ и дивномъ механизмѣ Вселенной цѣли его устроенія для другихъ родовъ живыхъ существъ. Планеты, какъ мы видѣли, заимствуютъ свѣтъ свой отъ солнца; но этого не можетъ быть въ отношеніи звѣздъ. Нѣтъ сомнѣнія, что онѣ сами — солнца, и что каждая изъ нихъ можетъ быть центромъ, вкругъ котора-

(*) Докторъ Волластонъ, принимая меньшій параллаксъ Сиріуса противу того, какъ мы принимаемъ, заключилъ, что дѣйствительный свѣтъ Сиріуса въ 14 разъ больше солнечнаго.

го вращаются другія планеты или тѣла: но объ нихъ мы не можемъ составить себѣ никакой идеи, потому что здѣсь не представляется намъ ничего аналогическаго съ планетною системою.

593) Однако аналогія, которая всегда значитъ болѣе чѣмъ простыя предположенія, указываетъ намъ соотвѣтствіе динамическихъ законовъ, господствующихъ въ отдаленныхъ странахъ звѣздныхъ, съ тѣми законами, которые управляютъ движеніемъ нашей собственной системы. Вездѣ, гдѣ мы замѣчаемъ законъ періодичества, гдѣ замѣчаемъ правильное возвращеніе тѣхъ же явленій въ одни и тѣже времена, — намъ невольно представляется мысль о круговомъ, орбитномъ движеніи. А между звѣздами есть и такія, которыя хотя въ перемѣнѣ мѣста ни сколько не отличаются отъ другихъ, но подвержены правильному, періодическому увеличенію и уменьшенію блеска, такъ что послѣдовательно исчезаютъ и опять послѣдовательно какъ бы оживаютъ, — появляются. — Ихъ называютъ *періодическими* звѣздами. Одна изъ примѣчательнѣйшихъ въ этомъ родѣ звѣздъ есть звѣзда *Омикронъ* въ созвѣздіи Кита, въ первой разъ замѣченная Фабриціемъ въ 1596 году. Она является около 12 разъ въ 11 лѣтъ, или, точнѣе, въ періодъ 334-хъ дней; остается въ наибольшемъ блескѣ около двухъ недѣль, имѣя тогда видъ звѣзды второй величины; уменьшается въ продолженіи трехъ мѣсяцовъ, пока мало по малу станетъ совершенно невидимою: въ этомъ состояніи она остается около *пяти* мѣсяцовъ, потомъ снова является, и увеличивается въ продолженіи остальныхъ трехъ мѣсяцовъ ея періода. Вотъ, общій ходъ ея фазъ.

совъ! Но она не всегда достигаетъ тойже степени яркости или уменьшаетъ блескъ свой въ тѣхъ же степеняхъ. Гевеліусъ говоритъ (Лаландъ ст. 794), что въ продолженіи четырехъ лѣтъ отъ Октября 1672 до Декабря 1676, *она вовсе не являлась.*

594) Другая, весьма примѣчательная звѣзда, есть *Алголь* (Algol) или *β*, Персея. Обыкновенно она является звѣздой второй величины и остается такою въ продолженіи 2 дней 14 часовъ, потомъ начинаетъ уменьшать свой блескъ и въ продолженіи $3\frac{1}{2}$ часовъ доходитъ до звѣзды четвертой величины; потомъ снова увеличивается и въ $3\frac{1}{2}$ часа принимаетъ обыкновенный свой блескъ, проходя всѣ измѣненія въ 2 дни 20 час. 48 мин. или около того. Сей замѣчательный законъ измѣненія предполагаетъ вращеніе около ней круглаго, темнаго тѣла, которое предпоставлено между нами и звѣздою *Алголемъ*, и отнимаетъ большую часть ея свѣта; такъ думаетъ Гудрикъ, которому мы обязаны открытіемъ этого примѣчательнаго факта, (*) въ 1782 году. Съ

(*) Тоже самое открытіе было сдѣлано около того же времени Палицомъ, фермеромъ Пролица, около Дрездена — мужикомъ по состоянію, но Астрономомъ по склонности: онъ, познакомившись со всѣмъ небомъ, наблюдалъ нѣсколько тысячъ звѣздъ и отличилъ Алголь отъ прочихъ по ея измѣненіямъ и опредѣлилъ ея періодъ. Тотъ же Палицъ первой усмотрѣлъ предсказанную комету Галлея въ 1759 году, которую онъ увидѣлъ почти мѣсяцомъ ранѣе Астрономовъ, вооруженныхъ телескопами и ожидавшихъ ее съ нетерпѣніемъ. Эти анекдоты напоминаютъ намъ времена Халдейскихъ пастуховъ.

этого времени тѣже самыя явленія были наблюдаемы неоднократно, хотя съ меньшимъ тщаніемъ, какое требовалось. Какъ ни истолковывать эти явленія: всѣ они показываютъ великую степень *дѣятельности* въ странахъ, гдѣ, не будь этихъ доказательствъ, мы предполагали бы совершенную безжизненность. Собственное наше солнце требуетъ въ 9 разъ больше времени для вращенія около своей оси. Напротивъ, періодъ темнаго тѣла, достаточной величины, которое должно произвести подобное же временное затмѣніе солнца, и усматриваемое отъ звѣздъ, будетъ менѣе 14 часовъ.

595) Слѣдующая таблица представляетъ нѣкоторыя изъ періодическихъ звѣздъ, по возможности опредѣленныя.

Имена Звѣздъ.	Періоды.			Измѣненіе въ величинѣ.			Открыватели.
	Дн.	час.	мин.				
β Персея.	2	20	48	2	до	4	Гудрикъ, 1782. Палицъ, 1783.
δ Цефея.	5	8	37	3. 4	до	5	Гудрикъ, 1784.
β Лиры.	6	9	0	3	до	4. 5	Гудрикъ, 1784.
η Антиноя.	7	4	15	3. 4	до	4. 5	Пиготъ, 1784.
α Геркулеса.	60	6	0	3	до	4	Гершель, 1796.
κ Змѣя. пр.вос. 15ч. 41м. пол.разс. 74° 15′	180	0	0	7?		0	Гардингъ, 1826.
ο Кита.	334	21,	0	2	до	0	Фабрицій, 1596.
χ Лебедя.	396	—		6	до	11	Кирхъ, 1687.
367B (*) Идры	494	—		4	до	10	Миральди, 1704.
34 Fl Лебедя.	18	лѣтъ		6	до	0	Янсонъ, 1600.
420 M Льва	много лѣтъ			7	до	0	Кохъ, 1782.
κ Стрѣльца	Dto			3	до	6	Галлей, 1676.
ψ Льва.	Dto			6	до	0	Монтанари, 1667.

(*) Сіи буквы B, Fl и M относятся къ Каталогу Боде, Фламстеда и Мейера.

Измѣненія этихъ звѣздъ подвергаются однако перемѣнамъ, можетъ быть, не въ продолжительности періодовъ, но навѣрное въ величинѣ измѣненія, по физическимъ, доселѣ неизвѣстнымъ причинамъ. О непоявленіи *о кита* въ продолженіи четырехъ лѣтъ уже было сказано; къ сему мы еще прибавимъ χ Лебедя, который, по увѣренію Кассини, едва былъ виденъ въ 1699, 1700 и 1701 годахъ, когда ему надлежало быть въ наибольшемъ блескѣ.

596) Эти неправильности приготовляютъ насъ къ другимъ явленіямъ звѣздныхъ намѣненій, которыя до сихъ поръ еще не были приведены подъ законы періодичества, и должны, по нашему незнанію, считаться совершенно случайными; а если и періодическими, то — съ такими продолжительными періодами, что они не могли случиться болѣе одного раза съ того времени, какъ извѣстны стали по наблюденіямъ. Мы хотимъ сказать теперь *о временныхъ звѣздахъ*, которыя являлись по временамъ въ различныхъ частяхъ неба, имѣя необыкновенную яркость; и, оставаясь нѣкоторое время видимо неподвижными, изчезали, не оставляя никакихъ слѣдовъ. Такова была звѣзда, вдругъ явившаяся въ 125 году до Р. Х., она, говорятъ, привлекла вниманіе Гиппарха, и побудила его составить Каталогъ звѣздъ, древнѣйшій въ свѣтѣ. Такова же была звѣзда, явившаяся въ 389 послѣ Р. Х. близь α Орла; оставалась около трехъ недѣль столько же яркою, какъ Венера, и потомъ совершенно изчезла. Въ 945, 1264 и 1572 годахъ, яркія звѣзды являлись въ странахъ неба между Цефеемъ и Кассіопеею; и по несовершенно извѣстнымъ даннымъ, кото-

рыя мы имѣемъ о положеніи двухъ первыхъ въ сравненіи съ послѣднею звѣздою, которая была довольно хорошо опредѣлена, а также и на основаніи близкой равномѣрности промежутокъ ихъ появленія, мы можемъ предполагать, что онѣ суть одна и та же звѣзда, имѣющая періодъ около 300, или, какъ Гудрикъ полагаетъ, около 150 лѣтъ. Появленіе звѣзды 1572 года было такъ неожиданно, что Тихо — Браге, знаменитый Датскій Астрономъ, возвращаясь однажды вечеромъ (11 Ноября) со своей обсерваторіи домой, удивился, увидѣвъ много народу, смотрѣвшаго на звѣзду, которая за полчаса передъ тѣмъ не существовала. Она была такъ ярка, какъ Сиріусъ, и продолжала увеличивать свой свѣтъ, такъ что наконецъ стала свѣтлѣе Юпитера и была видна въ полдень. Начала она уменьшаться въ Декабрѣ того же года и въ Мартѣ 1574 совершенно изчезла. Также точно 10 Октября 1604, звѣзда въ томъ же родѣ, и столько же свѣтлая, появлялась въ созвѣздіи Змѣя (Serpentarius): ее видѣли до Октября 1605.

597) Подобныя явленія звѣздъ, хотя и менѣе блестящихъ, бывали и гораздо позже; напримѣръ, звѣзда третьей величины открыта Антельмомъ въ 1670 году, въ головѣ Лебедя; совершенно скрывшись, снова появилась, имѣвъ въ продолженіи двухъ лѣтъ одну или двѣ перемѣны въ блескѣ; наконецъ совершенно изчезла и съ того времени никогда не являлась. При тщательномъ пересмотрѣ каталоговъ, многія звѣзды не оказывались на небѣ; и хотя нѣтъ сомнѣнія, что разности происходили часто отъ ошибокъ въ каталогахъ, но также вѣрно, что во многихъ случаяхъ не было ошибки при

наблюденія и внесенія звѣзды въ каталогъ, и что та или другая звѣзда дѣйствительно была наблюдаема и наконецъ изчезла съ небеснаго свода. (*) Эта часть практической Астрономіи очень мало обработана: любители этой науки, не болѣе, какъ при помощи только хорошихъ глазъ или самыхъ посредственныхъ инструментовъ, могли бы здѣсь съ пользою употребить свое время. (*) Часть эта обѣщаетъ богатую жатву и есть одна изъ тѣхъ, въ которой настоящіе Астрономы, занимающіеся на постоянныхъ обсерваторіяхъ другимъ родомъ наблюденій, не могутъ брать большого участія. Каталоги сравнительной яркости звѣздъ въ каждомъ созвѣздіи были составлены Сиромъ В. Гершелемъ единственно съ тою цѣлію, чтобы облегчить эти изслѣдованія, и читатель найдетъ ихъ съ полнымъ описаніемъ его методы, въ Phil. Trans. 1796, и слѣдующихъ годовъ.

(*) Звѣзда 42 *Дѣвы* включена въ каталогъ Астрономическаго Общества изъ зодіакальнаго каталога Г. Цаха. Я не нашелъ ее 9 Мая 1828; съ того времени неоднократно наводилъ я поле 20-ти футоваго рефлектора на ея мѣсто и не нашелъ ее, развѣ только она есть одна изъ двухъ равныхъ звѣздъ 9-й величины, лежащихъ на томъ мѣстѣ, на которомъ Цахъ ее означилъ.

(*) „Эти измѣненія звѣздъ стоятъ всякаго вниманія любо„пытныхъ наблюдателей. Быть—можетъ, придетъ вре„мя, когда науки будутъ имѣть довольно любителей для „того, чтобы этотъ предметъ изслѣдованъ былъ под„робнѣйшимъ образомъ." (Лаландъ, стат. 824). Это время, кажется, уже настало.

598) Теперь мы переходимъ къ разряду явленій со всѣмъ другаго характера: здѣсь представляется намъ истинное и положительное свѣденіе о свойствѣ по крайней мѣрѣ нѣкоторыхъ звѣздъ, позволяющее неоспоримо полагать, что эти звѣзды подчинены тѣмъ же динамическимъ законамъ и тойже силѣ тяготѣнія, которые управляютъ нашею системою. Многіе изъ этихъ звѣздъ, при наблюденіи оказываются *двойными*, т. е. состоятъ изъ двухъ (а иногда изъ трехъ) отдѣльныхъ тѣлъ, очень близкихъ другъ къ другу. Это моглобъ быть приписано и случайной близости, еслибы мало встрѣчалось тому примѣровъ; но множество случаевъ сего близкаго соединенія, большая близость, и во многихъ случаяхъ, большая равномѣрность этихъ соединенныхъ звѣздъ, ведутъ насъ къ предположенію, что тутъ есть отношеніе болѣе, чѣмъ случайное. Яркая звѣзда *Касторъ*, на примѣръ, разсмотрѣнная въ телескопъ, состоитъ изъ двухъ звѣздъ третьей и четвертой величины, отстоящихъ другъ отъ друга на 5″. Звѣзды этой величины не такъ часты на небѣ, что бы можно было заключать, что близкое соединеніе ихъ есть случайное. Но это только одинъ изъ многихъ примѣровъ. Сиръ Виліамъ Гершель насчиталъ болѣе 500 двойныхъ звѣздъ, въ которыхъ звѣзды отстоятъ не болѣе полу-минуты одна отъ другой. Профессоръ Струве, въ Дерптѣ, изслѣдывая предметъ подробнѣе при способнѣйшихъ къ тому инструментахъ, увеличилъ въ пять разъ это число. Другіе наблюдатели еще болѣе увеличивали сей каталогъ, не исчерпавъ однако всего богатства неба. Между двойными звѣздами есть много такихъ, у которыхъ промежутокъ между центрами

обоихъ тѣлъ меньше одной секунды; таковы: ε Овна, Атласа Плеядъ, γ и η Вѣнца, η и ζ Геркулеса, τ и λ Змѣеносца (Ophiuchus).

599) Когда такого рода соединенія были замѣчены, то полагали: не производитъ ли годовое движеніе земли, по орбитѣ, относительнаго видимаго перемѣщенія въ отдѣльныхъ звѣздахъ, составляющихъ двойную звѣзду. Ежели предположить, что онѣ въ большихъ между собою находятся разстояніяхъ, и что только случайно видимъ ихъ по одной линіи; то очевидно, что всякое движеніе земли должно произвести различные углы при 2-хъ звѣздахъ, и по этому должно произвести различныя параллактическія перемѣщенія на поверхности неба, полагаемой безконечно далекою. Въ слѣдствіе годоваго движенія земли, каждая звѣзда должна казаться описывающею на небѣ малый эллипсъ (отличный отъ того, который она описала бы въ слѣдствіе аберраціи свѣта), которой будетъ пересѣченіе впалой поверхности неба съ косвеннымъ эллептическимъ конусомъ, имѣющимъ вершину въ звѣздѣ, а основаніе земную орбиту; и это пересѣченіе будетъ тѣмъ менѣе, чѣмъ далѣе звѣзда. Ежели по этому мы разсматриваемъ двѣ звѣзды, видимо лежащія между собою близко, но дѣйствительно удаленныя между собою на большія разстоянія: то параллактическіе ихъ эллипсы будутъ сходны, но различныхъ размѣреній. Пусть, напримѣръ, фиг. 74, будетъ S и s положеніе двухъ звѣздъ, усматриваемыхъ отъ солнца и кажущихся двойною звѣздою; и пусть ABCD, abcd будутъ ихъ параллактическіе эллипсы: такъ какъ звѣзды во всякое время будутъ тогда расположены подобнымъ

же образомъ въ этихъ эллипсахъ, то когда одна звѣзда видна въ A, другая видна будетъ въ a. Когда земля совершитъ четверть своего вращенія по орбитѣ, тогда видимыя ихъ мѣста будутъ B, b; въ другой четверти C,c, а далѣе въ D,d. И такъ, ежели тщательно измѣримъ микрометрами, къ тому приспособленными, видимыя ихъ мѣста въ отношеніи одной къ другой, въ рззличныя времена года: то должны будемъ примѣтить періодическое измѣненіе, какъ въ направленіи линіи соединяющей ихъ, такъ и въ разстояніяхъ между ихъ центрами. Потому что линіи Aa и Cc немогутъ быть параллельны а линіи Bb и Dd, не могутъ быть ровны развѣ эллипсы будутъ равныхъ размѣреній, и обѣ звѣзды имѣютъ тотъ же параллаксъ или равно удалены отъ земли.

600) Хорошо устроенными микрометрами мы въ состояніи съ точностью измѣрить разстояніе между предметами, которые можно разсмотрѣть въ одно время въ полѣ трубы, равно какъ и положеніе линіи, соединяющей ихъ, по отношенію къ горизонту, меридіану или какому нибудь опредѣленному кругу на небѣ. Меридіанъ признанъ всего удобнѣе, и для опредѣленія направленія линіи соединенія двухъ звѣздъ помѣщаютъ въ фокусѣ глазнагѡ стекла телескопа, установленнаго какъ въ экваторіальномъ инструментѣ, двѣ нити, пересѣкающіяся подъ прямыми углами и расположенныя такъ, что одна изъ двухъ звѣздъ должна слѣдовать по одной изъ нитей въ ея суточномъ движеніи и телескопъ остается недвижимъ. Отсчитываютъ при этомъ положенія нитей на кругѣ, по томъ поворачиваютъ особливымъ механическимъ приборомъ всю ихъ систему вкругъ

*

своей плоскости, пока другая нить будетъ параллельна линіи соединеній; потомъ снова отсчитываютъ на раздѣльномъ кругѣ. Такой приборъ называется *Микрометромъ положенія*; по нему мы опредѣляемъ уголъ положенія двойной звѣзды, или уголъ, который линія соединенія двухъ тѣлъ составляетъ съ меридіаномъ. Этотъ уголъ обыкновенно считаютъ по окружности отъ 0° до 360° начиная отъ сѣвера, и продожая черезъ востокъ къ западу.

601) Преимущества этого метода въ опредѣленіи параллакса весьма велики. И во первыхъ, получаемый выводъ, завися единственно отъ относительнаго видимаго перемѣщенія двухъ звѣздъ, не подчиняется многимъ причинамъ, могущимъ ввести погрѣшность въ отдѣльное опредѣленіе мѣста по способу прямаго восхожденія, и по способу склоненія. Рефракція, самое важное препятствіе для точности во всѣхъ Астрономическихъ опредѣленіяхъ, равно дѣйствуетъ на обѣ звѣзды, и потому не имѣетъ вліянія на выводы. Нельзя также бояться погрѣшности дѣленія круговъ, погрѣшности со стороны уровней, или отвѣсовъ или со стороны неизвѣстностей, сопровождающихъ уранографическія разчисленія процессіи и аберраціи и проч.: потому что всѣ эти причины равнодѣйствуютъ на оба предмета. Словомъ, ежели мы предположимъ, что двѣ звѣзды не имѣютъ собственнаго движенія, отъ котораго могло бы *дѣйствительно* перемѣниться относительное ихъ положеніе: то, кромѣ разности въ параллаксѣ, нѣтъ другой причины, могущей дѣйствовать на наблюденіе.

602) Таковы были разсужденія, побудившія сначала Сиръ Виллiамъ Гершеля составить списокъ двойныхъ

звѣздъ, и сдѣлать тщательное измѣреніе ихъ угловъ положенія и взаимныхъ разстояній. — Но лишь только онъ началъ заниматься этими изысканіями, какъ и былъ отклоненъ отъ первоначальнаго плана (который всѣми оставленъ въ послѣдствіи времени, не смотря на то, что въ немъ заключается единственное средство, обѣщающее успѣхъ въ изслѣдованіи параллакса) явленіемъ совершенно неожиданнаго свойства, привлекшимъ его вниманіе. Вмѣсто того, чтобы найти, какъ онъ предполагалъ, годовое колебаніе взадъ и впередъ одного изъ тѣлъ двойной звѣзды въ отношеніи къ другому,—найти то увеличеніе то уменьшеніе ихъ разстоянія и угла положенія, такъ какъ надлежало бы произойти имъ отъ годоваго параллакса, — онъ замѣтилъ во многихъ случаяхъ правильное прогрессивное измѣненіе и иногда больше въ разстояніи, а иногда въ углѣ положенія, и являющееся постоянно по одному направленію; такъ что оно ясно указывало или истинное движеніе самихъ звѣздъ, или общее прямолинейное движеніе солнца и всей солнечной системы; откуда могъ происходить параллаксъ высшаго рода, чѣмъ тотъ, который свойственъ орбитному годовому движенію земли: онъ можетъ быть названъ *параллаксомъ системнымъ*.

(603) Въ томъ предположеніи, что движенія обѣихъ звѣздъ и солнца не зависимы другъ отъ друга, будетъ очевидно, что для промежутка не многихъ лѣтъ эти движенія должны почесться прямолинейными и равномѣрными. Послѣ того, при нѣкоторомъ знаніи геометріи, не трудно согласиться, что видимое движеніе одной изъ составныхъ звѣздъ, отнесенной къ другой,

какъ къ центру, и проэктированной на плоскости, на которой эта другая звѣзда будетъ взята за неподвижную или за точку нуля, не можетъ не быть прямолинейнымъ. Такъ по крайней мѣрѣ должно быть тогда, какъ звѣзды независимы другъ отъ друга; но будетъ совсѣмъ иное, ежели онѣ имѣютъ какое нибудь физическое сродство, на прим. действительную близость и взаимное тяготѣніе. Въ такомъ случаѣ онѣ будутъ описывать орбиты другъ около друга и около общаго ихъ центра тяготѣнія; и значитъ, что видимый путь каждой изъ нихъ, отнесенной къ другой какъ къ точкѣ неподвижной, вмѣсто прямой линіи будетъ совращенъ во впалую кривую. Впрочемъ, извѣстныя по наблюденіямъ движенія были такъ медленны, что требовались многолѣтнія наблюденія для опредѣленія того, чему должно слѣдовать въ этомъ предметѣ. И не прежде какъ въ 1803 году, черезъ двадцать пять лѣтъ отъ начала изысканій, могли дойти до нѣкотораго положительнаго заключенія касательно прямолинейнаго или орбитнаго свойства наблюдаемыхъ перемѣщеній въ положеніи звѣздъ.

604) Въ этомъ и въ слѣдующемъ году ясно было показано Сиръ Вилліамъ Гершелемъ, въ статьѣ, помѣщенной въ Transactions of the Royal Society, что существуютъ звѣздныя системы, составленныя изъ двухъ звѣздъ, вращающихся другъ около друга въ правильныхъ орбитахъ, и составляющія то, что называется *соединенными звѣздами*, для отличія ихъ отъ двойныхъ звѣздъ вообще; что между двойными звѣздами есть такія, которыхъ близость есть не болѣе, какъ оптическая и слу-

чайная, и которыя находятся отъ насъ въ весьма различныхъ разстояніяхъ, — между тѣмъ какъ звѣзды соединенной системы равно удалены отъ глаза, или, по крайней мѣрѣ, разности можетъ быть не больше, какъ на одинъ полудіаметръ орбиты, описываемой одною звѣздой около другой; такое разстояніе чрезвычайно маловажно въ сравненіи съ неизмѣримымъ разстояніемъ между звѣздами и землей. Около 50 или 60 примѣровъ перемѣнъ, больше или меньше замѣчательныхъ, въ углахъ положенія двойныхъ звѣздъ, приведено въ вышеупомянутыхъ запискахъ; многія изъ нихъ имѣютъ такую опредѣленную и правильную прогрессивность, что нельзя сомнѣваться въ ихъ истинныхъ свойствахъ. Въ числѣ ярчайшихъ звѣздъ, Касторъ, γ Дѣвы, ξ Медвѣдицы, 70 и λ Змѣеносца, σ и η Вѣнца, ξ и μ Боотеса, η Кассіопеи, γ Льва, ζ Геркулеса, δ Лебедя, ε 4 и ε 5 Лиры, μ Дракона и ζ Водолея, приведены, какъ самыя замѣчательныя, для примѣра такого движенія; нѣкоторымъ изъ нихъ приписываются даже періодическія времена, разумѣется, только приближенно, и больше по догадкѣ, чѣмъ по точному вычисленію, для котораго данныя до сихъ поръ слишкомъ невѣрны; на примѣръ, вращенія Кастора полагаютъ въ 334 лѣтъ, γ Дѣвы 708, а γ Льва въ 1200 лѣтъ.

605) Новѣйшія наблюденія совершенно подтвердили эти выводы не только въ общей силѣ, но очень много и въ частностяхъ. Изъ всѣхъ упомянутыхъ звѣздъ, нѣтъ ни одной, которой нельзя было бы назвать соединенною; и точно, этотъ списокъ обнимаетъ почти всѣ значительные предметы въ этомъ родѣ, открытые до сихъ

поръ, хотя по мѣрѣ увеличенія вниманія и наблюденій онъ началъ уже быстро прибавляться. Число двойныхъ звѣздъ, которые навѣрное можно назвать соединенными, нынѣ простирается отъ тридцати до сорока, и безпрестанно больше и больше увеличивается. Для наблюденія ихъ нужны отличные телескопы; по тому что большею частію онѣ такъ близки другъ къ другу, что требуютъ сильнаго увеличенія (подобно тому, какъ требуются чрезвычайно сильные микроскопы для разсмотрѣнія самомалѣйшихъ предметовъ), чтобы замѣтать промежутокъ между недѣлимыми, входящими въ составъ ихъ.

606) Можно себѣ представить очень легко, что явленія такого рода нельзя было обозначить безъ того, чтобы не попытаться приложить ихъ къ динамическимъ теоріямъ. При самомъ ихъ открытіи, они естественно были отнесены къ дѣйствію какой нибудь силы, подобной тяготѣнію, вращающей такія звѣзды одну около другой; и разпространеніе Невтонова закона тяготѣнія на эти отдаленныя системы было такъ очевидно и такъ сильно подтверждалось всеобщимъ вліяніемъ его на нашу систему, что всякой, занимавшійся этимъ предметомъ, ни мало въ этомъ не сомнѣвался. Г-ну Сивари мы первому обязаны яснымъ вычисленіемъ, по которому эллиптическіе элементы орбиты двойной звѣзды были выведены изъ наблюденій угла положенія и разстоянія, въ различныя эпохи; и онъ доказалъ, что движеніе одной замѣчательнѣйшей изъ нихъ (ξ Медвѣдицы) представляется въ границахъ допускаемыхъ погрѣшностей наблюденія, по ипотезѣ объ эллиптической орби-

тѣ, описываемой въ короткій періодъ 58¼ лѣтъ. Совсѣмъ другаго рода вычисленія довели Профессора Энке къ эллиптической орбитѣ 70 Змѣеносца, описываемой въ періодъ 74 лѣтъ; и Авторъ этого сочиненія самъ старался содѣйствовать этому занимательному изслѣдованію. Слѣдующую таблицу можно предложить, какъ главный выводъ, полученный въ этой отрасли Астрономіи.

Имена звѣздъ.	Періодъ вращенія.	Большая полуось эллипса.	Эксцентрич.
γ Льва.	1200 лѣтъ.	—	— —
γ Дѣвы.	628, 9000.	12″, 090	0, 83350.
61 Лебедя.	452,	15, 430.	— —
δ Вѣнца.	286, 6000.	3, 679.	0, 61125.
Касторъ.	252, 6600.	8, 086.	0, 75820.
70 Змѣеносца.	80, 3400.	4, 392.	0, 46670.
ξ Медвѣдицы.	58, 2625.	8, 857.	0, 4164.
ζ Рака.	55?	—	— —
η Вѣнца.	43, 40.	—	— —

607) Изъ этихъ звѣздъ самая, можетъ быть, замѣчательная есть γ Дѣвы, не только по продолжительности ея періода, но также по великому уменьшенію видимаго разстоянія и по быстрому увеличенію угловаго движенія двухъ тѣлъ ея одного около другаго. Это — яркая звѣзда четвертой величины: составныя звѣзды ея почти равной между собою величины. Ее знали уже какъ двойную звѣзду въ началѣ XVIII столѣтія; разстояніе между недѣлимыми этой звѣзды тогда бы-

ло отъ шести до семи секундъ; такъ что всякимъ порядочнымъ телескопомъ можно было ихъ различить. Съ того времени они безпрерывно сближались и теперь едвали они другъ отъ друга болѣе одной секунды, такъ что самыми большими только телескопами можно признать эту звѣзду за двойную; иначе она кажется продолговатою въ одномъ направленіи. Къ счастію, Брадлей въ 1718 году замѣтилъ на полѣ одной изъ своихъ записныхъ книжекъ видимое направленіе линіи соединенія, которую онъ показалъ параллельною линіи двухъ замѣчательныхъ и видимыхъ простыми глазами звѣздъ α и δ того же созвѣздія; это замѣчаніе, не давно извлеченное изъ забвенія стараніемъ Профессора Риго, много послужило для изслѣдованія орбиты. Эти двѣ звѣзды также внесены, какъ отдѣльныя звѣзды, въ каталогъ Мейера; вотъ, другое средство къ отысканію взаимнаго ихъ положенія, во время его наблюденій: это было около 1756 года. Невходя здѣсь въ численныя подробности, находящіяся въ особенныхъ сочиненіяхъ, (*) мы только замѣтимъ, что весь рядъ наблюденій (которыя отъ начала настоящаго столѣтія были произведены въ большомъ количествѣ, съ большимъ стараніемъ, и объемлютъ собою угловое движеніе около 100°: равно какъ и уменьшеніе разстоянія до одной шестой начальной его величины) выраженъ съ точностію, совершенно согласною съ самыми наблюденіями, *эллипсомъ*: предъидущая таблица содержитъ въ себѣ его періодъ и размѣренія; а остальные элементы его слѣдующіе:

Прохожденія чрезъ перигелій 18 Августа 1834.

Наклоненіе орбиты къ лучу видѣнія . . . 22°, 58′.

(*) Онѣ собраны въ 5-й части записокъ Лондонскаго Астрономическаго общества.

Уголъ положенія перигелія проектированный на небѣ . . . . 36°, 24′.
Уголъ положенія линіи узловъ или пересѣченія плоскости орбиты съ поверхностью неба . . . . 97°, 23′.

608) Ежели замѣчательна для насъ особенная продолжительность періодовъ въ нѣкоторыхъ изъ этихъ свѣтилъ: то не менѣе обращаетъ на себя вниманія краткость періодовъ въ другихъ. η Вѣнца уже совершила полное вращеніе со времени ея открытія Сиръ Вилліамъ Гершелемъ, и теперь далеко уже идетъ во второмъ ея періодѣ; ξ Медвѣдицы ξ Рака и 70 Змѣеносца совершило уже наибольшую часть своихъ періодовъ, съ того же времени. По сему если бы оставалось еще какое нибудь сомнѣніе на счетъ дѣйствительности ихъ орбитныхъ движеній, или на счетъ невозможности изъяснить ихъ простымъ параллактическимъ измѣненіемъ: то эти факты достаточны къ тому, чтобъ устранить его. И дѣйствительно, мы имѣемъ такія же доказательства касательно вращенія ихъ другъ около друга, какъ и касательно вращенія Урана и Сатурна около солнца; согласіе между мѣстами ихъ по вычисленію и мѣстами по наблюденію, въ такихъ долгихъ эллипсахъ, должно быть принято въ доказательство дѣйствія Невтонова закона тяготѣнія и на эти системы, точно также, какъ подобнаго же рода согласіе доказало намъ, что и кометы подчинены центральному дѣйствію солнца.

609) Но мы теперь не говоримъ о вращеніи тѣлъ планетнаго или кометнаго свойства около солнечнаго

центра: дѣло идетъ о вращеніи солнцъ около солнцъ. Каждое изъ нихъ, можетъ быть, сопровождается многими планетами съ ихъ спутниками, которые скрыты отъ насъ свѣтомъ своихъ солнцъ и размѣщены въ пространствахъ на разстояніяхъ, которыя, по отношенію къ ужаснымъ разстояніямъ одной звѣзды отъ другой, едвали можно предполагать больше разстоянія спутниковъ отъ нашихъ планетъ, по сравненію съ разстояніемъ ихъ отъ самаго солнца. И точно, не такая строгая подчиненность не согласовалась бы съ постоянствомъ этихъ системъ и съ планетнымъ свойствомъ ихъ орбитъ; развѣ только собственныя солнца ихъ такъ къ нимъ близки, что эти планеты могутъ увлекаться внѣ ихъ орбитъ притяженіемъ другаго какого нибудь солнца, вовремя перехода ихъ перигеліи вкругъ собственнаго своего солнца и увлекаться въ орбиты, совершенно несогласныя съ необходимыми условіями существованія ихъ обитателей. Должно признаться, что здѣсь открывается намъ обширное и новое поле догадокъ и размышленій, которымъ очень легко можемъ предаться.

610) Многіе изъ двойныхъ звѣздъ представляютъ занимательное и величественое явленіе игры цвѣтовъ, если можно сказать, дополнительныхъ. Въ этихъ случаяхъ, самая большая звѣзда обыкновенно имѣетъ красноватый оранжевой цвѣтъ, а самая меньшая является голубою или зеленоватою, вѣроятно въ слѣдствіе того общаго закона Оптики, по которому, когда глазная сѣть поражается какимъ нибудь яркимъ и цвѣтнымъ свѣтомъ, тогда слабѣйшій свѣтъ, способный произвести только ощущеніе бѣлизны, если бъ онъ былъ видимъ

отдѣльно, покажется на нѣкоторое время оцвѣченнымъ въ колеръ дополнительный въ отношеніи къ колеру другаго свѣта, ярчайшаго. Такимъ образомъ желтый цвѣтъ, преимущественно принадлежащій большимъ звѣздамъ, покажетъ намъ меньшую звѣзду, находящуюся въ тоже время въ полѣ видѣнія, голубою; ежели колеръ большей звѣзды подходитъ къ кармоазину, то меньшая принимаетъ зеленоватый оттѣнокъ, а иногда, при благопріятныхъ обстоятельствахъ, кажется даже яркимъ зеленымъ цвѣтомъ. Лучшій примѣръ игры цвѣтовъ въ первомъ родѣ представляется въ звѣздѣ ι Рака; примѣръ послѣдняго въ γ Адромеды, та и другая прекрасныя двойныя звѣзды. Но ежели цвѣтная звѣзда менѣе блестяща, чѣмъ другая, то она не измѣняетъ почти цвѣта другой. Такимъ образомъ, напримѣръ η Кассіопея представляетъ прекрасное соединеніе большой бѣлой звѣзды съ малою звѣздою яркаго пурпуроваго цвѣта. Впрочемъ отсюда совсѣмъ еще не слѣдуетъ, что во всѣхъ сихъ случаяхъ колеръ одной изъ звѣздъ единственно происходитъ отъ контраста; легче сказать, чѣмъ постигнуть воображеніемъ: какимъ разнообразіемъ свѣта должна наслаждаться планета, освѣщенная двумя солнцами красньмъ и зеленымъ, или желтымъ и голубымъ, смотря потому, которое изъ нихъ надъ горизонтомъ. Какая восхитительная противуположность, какое благотворное разнообразіе, когда вообразимъ себѣ, что дни красные и зеленые перемѣняются на дни бѣлые и темныя ночи. Отдѣльныя звѣзды красноватаго, и часто кроваваго цвѣта, встрѣчаются во многихъ странахъ неба; но рѣшительно зеленыя и голубыя, сколько я знаю, ни когда еще не

встрѣчались безъ того, чтобъ онѣ не были сопровождаемы другими, ярчайшими ихъ звѣздами.

(611) Другой, весьма занимательной предметъ изслѣдованія въ физической исторіи звѣздъ, есть собственное ихъ движеніе. A priori можно полагать, что существуетъ собственное движеніе какогонибудь рода между такимъ безчисленнымъ множествомъ тѣлъ, разсѣянныхъ въ пространствѣ и ничѣмъ не удерживаемыхъ. Взаимное ихъ притяженіе, хотя чрезвычайно ослабленное дѣйствіемъ противуположныхъ притяженій съ другихъ сторонъ, должно въ продолженіи неизчислимыхъ вѣковъ произвести какую либо перемѣну въ ихъ расположенія, какъ слѣдствіе различія противуположныхъ дѣйствій. Что такія видимыя движенія существуютъ: это есть фактъ не только въ отношеніи къ одинокимъ, но и къ двойнымъ звѣздамъ, которыя кромѣ того, что вращаются около общаго центра тяготѣнія, переносятся еще, не разлучаясь, прогрессивнымъ движеніемъ, общимъ для обоихъ тѣлъ, въ какуюнибудь опредѣленную страну неба. Напримѣръ, обѣ звѣзды 61 Лебедя, почти равныя между собою, въ продолженіи 50 лѣтъ безпрерывно сохраняли между собою разстояніе 15″. Не смотря на то, что они съ того времени измѣнили мѣста свои на небѣ около 4′, 23″, годовое собственное движеніе каждой изъ нихъ въ теченіи тогоже времени имѣло 5″, 3; на это разстояніе (превосходящее одною третью ихъ промежутокъ) система сія ежегодно влечется по неизвѣстному пути, движеніемъ, которое въ отношеніи къ многимъ столѣтіямъ должно считаться равномѣрнымъ и прямолинейнымъ. Между не двой-

ными звѣздами и тѣми, которыя не представляютъ въ себѣ ничего отличнаго отъ прочихъ, μ Кассіопея имѣетъ наибольшее собственное движеніе изъ всѣхъ донынѣ опредѣленныхъ, простирающееся до 3″ 74 годоваго перемѣщенія. Замѣчено, что и многія другія звѣзды постоянно перемѣняютъ свои мѣста, хотя гораздо меньшими движеніями, но перемѣняютъ непремѣнно.

612) Хотя эти движенія требуютъ цѣлыхъ столѣтій на то, чтобы простой глазъ могъ замѣтить какія нибудь перемѣны въ мѣстѣ звѣздъ: при всемъ томъ они достаточны къ тому, чтобъ уничтожить мысль о математической неподвижности. Но для практическихъ примѣненій они столько незначительны, что не могутъ произвести перемѣну въ данномъ звѣздамъ названіи *неподвижныхъ*. И до сихъ поръ величина и направленіе этихъ движеній такъ мало извѣстны, что нельзя подвести ихъ ни подъ какіе опредѣленные законы. Вообще, можно сказать, что видимыя ихъ направленія различны и, кажется, не имѣютъ опредѣленнаго общаго стремленія въ ту или другую сторону неба. Сиръ Вилліамъ Гершель однако предполагалъ, что наблюденія показываютъ нѣчто въ родѣ этого стремленія, и что, при всѣхъ частныхъ уклоненіяхъ, можно замѣчать общее движеніе въ главныхъ звѣздахъ, влекущее ихъ къ той точкѣ неба, которая противоположна звѣздѣ ζ Геркулеса. В. Гершель изъяснилъ это стремленіе движеніемъ солнца и солнечной системы по направленію къ Геркулесу. Кто съ надлежащимъ вниманіемъ подумаетъ объ этомъ предметѣ, тотъ сочтетъ ежели не совершенно достовѣрнымъ, то вѣроятнымъ, что солнце имѣ-

етъ движеніе по нѣкоторому извѣстному направленію; и неизбѣжное слѣдствіе такого движенія для остальныхъ неучаствующихъ въ немъ предметовъ должно быть медленное, видимое стремленіе всѣхъ звѣздъ къ *исчезающей* точки линій, параллельныхъ этому направленію. Это есть необходимое дѣйствіе перспективы. И такъ, наблюденія могли бы дать намъ свѣденіе о собственномъ движеніи солнца: если бы мы хорошо знали видимое собственное движеніе звѣздъ, и еслибъ мы были увѣрены, что онѣ независимы; то есть, что весь сводъ небесный, или по крайней мѣрѣ вся система ближайшихъ къ намъ звѣздъ не увлекается общимъ движеніемъ по одному и томуже направленію, въ силу неизвѣстныхъ процессовъ въ звѣздномъ слоѣ, къ которому наша система принадлежитъ, какъ часть, — подобно тому, какъ мы видимъ пыль несомую вѣтромъ, и сохраняющую почти тоже взаимное положеніе. Но, кажется, теперь общее мнѣніе всѣхъ Астрономовъ есть то, что наука еще не такъ созрѣла, чтобы представить объ этомъ предметѣ какія нибудь вѣрныя заключенія въ томъ или другомъ смыслѣ. Очень остроумная мысль была предложена нынѣшнимъ Королевскимъ Астрономомъ Пондомъ, — именно, что солнечное движеніе, ежели оно существуетъ и ежели скорость его сколько нибудь можетъ быть сравниваема со скоростью свѣта, должно необходимо произвести *солнечную аберрацію*; и что по этой аберраціи звѣзды непредставляются намъ въ такомъ разположеніи, какое онѣ дѣйствительно имѣютъ, но представляются слишкомъ стѣсненными въ странахъ, оставляемыхъ солнцемъ и слишкомъ разтворенными въ странахъ, куда оно стремится (смотр. стр. 280). До

тѣхъ поръ, какъ скорость и направленіе солнца будутъ одинаковы, дѣйствіе аберраціи останется неизмѣннымъ и скрытымъ отъ наблюденій; но если движеніе измѣнится въ теченіи вѣковъ, и ежели перемѣны будутъ соизмѣримы со скоростью земли по ея орбитѣ: тогда этотъ фактъ откроется въ общемъ видимомъ стремленіи всѣхъ звѣздъ къ той или другой сторонѣ неба, смотря по тому, движеніе солнца ускоритъ или отстанетъ: наблюденія не замедлятъ открыть такую девіацію, хотя бы она была не больше, какъ нѣсколько секундъ. Эта тонкая и отвлеченная мысль можетъ дать понятіе о чрезвычайной утонченности и сложности изслѣдованія собственнаго движенія звѣздъ и солнца. Очевидно что дѣйствіе солнечной аберраціи необходимо должно сливаться съ дѣйствіями системнаго параллакса; и они различаются только тѣмъ, что аберрація имѣетъ равное вліяніе на всѣ звѣзды, въ какомъ бы онѣ разстояніи ни находились, а параллаксъ дѣйствуетъ на ближайшія къ намъ звѣзды болѣе, чѣмъ на отдаленнѣйшія.

613) Когда посмотримъ на сводъ небесный въ ясную ночь: тотчасъ замѣтимъ тамъ и здѣсь группы звѣздъ, кажущіяся въ нѣкоторыхъ мѣстахъ болѣе скопленными и соединенными, чѣмъ въ другихъ близкихъ къ нимъ мѣстахъ, и образующія собою свѣтлыя пятна: и тутъ же невольно представляется намъ мысль, что это соединеніе произошло отъ всеобщей какой нибудь причины, а не отъ случайнаго разпредѣленія. Есть группа называемая *плеядами*, въ которой можно отличить шесть или семь звѣздъ, если смотрѣть прямо на центръ группы; но ежели смотрѣть не много на стороны, то

еще болѣе открывается (*). Телескопы показываютъ пятьдесятъ или шестьдесятъ звѣздъ скопленныхъ вмѣстѣ, на не большомъ пространствѣ, и отдаленныхъ отъ прочихъ звѣздъ на небѣ. Созвѣздіе, называемое: *Волосы Вереники*, есть другая подобная группа, болѣе разтянутая и состоящая изъ ярчѣйшихъ звѣздъ.

614) Въ созвѣздіи Рака есть нѣсколько подобное, но не такъ рѣзко обозначенное свѣтлое пятно, называемое *Ясли* (Praesepe, слово Лат.) или пчелиной улей: весьма посредственный телескопъ, даже простая ночная труба — разлагаетъ его на звѣзды. Въ рукояти меча Персея есть другое такое же пятно усѣянное звѣздами, требующее однако лучшихъ трубъ для разложенія его на отдѣльныя звѣзды. Такія пятна называются *группами* звѣздъ; и какая бы ни была ихъ природа: но извѣстно, что эти звѣзды соединены по нѣкоторымъ извѣстнымъ законамъ скопленія, отличнымъ отъ тѣхъ, по которымъ другія звѣзды разсѣяны по своду небесному. Въ этомъ

(*) Весьма примѣчательный фактъ, что центръ глазной сѣти гораздо менѣе подверженъ слабымъ впечатлѣніямъ свѣта, чѣмъ внѣшнія части Не многіе повѣрятъ до какой степени простирается эта слабость ощущенія, докуда сами неиспытаютъ. Чтобы получить объ этомъ понятіе, пусть читатель попеременно посмотритъ прямо на звѣзду пятой величины, а потомъ возлѣ нее; или выберетъ двѣ звѣзды равно яркія, въ разстояніи около 3° или 4° одну отъ другой, и посмотритъ на одну изъ нихъ прямо: вѣроятно, что онъ увидитъ только одну, другую; по крайней мѣрѣ, я это самъ испыталъ. Вотъ, почему при общемъ взглядѣ на небо открывается намъ такое безчисленное множество звѣздъ, и почему оказывается ихъ такъ мало, когда разсматриваютъ ихъ подробнѣе.

убѣждаемся гораздо сильнѣе, когда разсматриваемъ такія пятна самыми большими телескопами. Есть множество небесныхъ тѣлъ, которыя были ошибочно приняты за кометы, и которыя дѣйствительно имѣютъ много сходства съ кометами безъ хвоста: это — малыя круглыя или овальныя, туманныя пятна, сохраняющія такой видъ и тогда, какъ мы смотримъ на нихъ въ посредственные телескопы. Мессіеръ означилъ въ Connaissance des Temps на 1784 годъ, мѣста 103 такого рода тѣлъ, съ которыми всякій, отыскивающій кометы, долженъ познакомиться, чтобы не впасть въ ошибку по ихъ видимому сходству. Что они дѣйствительно не кометы: это совершенно доказывается ихъ неподвижностью; и ежели мы ихъ наблюдаемъ болѣе сильными инструментами, на пр. рефракторами въ восемьнадцать дюймовъ, или два фута и болѣе въ отверстіи, тогда всякое подобіе совершенно изчезаетъ. Они большею частію представляются тогда состоящими совершенно изъ звѣздъ, собранныхъ въ кучу, границы которой обыкновенно хорошо окрашены: свѣтъ ихъ быстро увеличивается къ центру, гдѣ обыкновенно скопляется ихъ всего больше (смот. фиг. 78, гдѣ изображено, хотя не много грубо, тринадцатое туманное пятно списка Мессіера описанное имъ, какъ туманное пятно безъ звѣздъ изображено въ томъ видѣ какъ усмотрѣнное въ 20 футовой рефлекторъ въ СлоSlough) (*). Многія изъ та-

(*) Это прекрасное пятно сначала было замѣчено Галлеемъ въ 1714 году. Оно видно и простымъ глазомъ между звѣздами η и ζ Геркулеса. Въ ночной трубѣ оно показывается подобнымъ не большой круглой кометѣ.

кихъ пятенъ совершенно круглой формы, и даютъ мысль, что это суть шарообразныя пространства, наполненныя звѣздами, одинаково разположенныя на небѣ, и составляющія семейства или общества отдѣльныя отъ остальныхъ и подчиненныя своимъ особеннымъ законамъ. Излишній былъ бы трудъ, пересчитывать звѣзды въ такихъ шарообразныхъ громадахъ: ихъ нельзя пересчитать и сотнями. Ежели заключать по грубому вычисленію, основанному на видимыхъ промежуткахъ ихъ у краевъ (гдѣ они видны не проэктированными другъ на другѣ) и угловаго діаметра всей группы, то можно полагать, что многія изъ этихъ громадъ должны вмѣщать въ себѣ по крайней мѣрѣ отъ десяти до двадцати тысячь звѣздъ, скопленныхъ вмѣстѣ на кругломъ пространствѣ, котораго угловой діаметръ не превышаетъ восьми или десяти минутъ; т. е. въ пространствѣ не свыше десятой части пространства, занимаемаго на небѣ дискомъ луны.

615) Можетъ быть, подумаютъ, что мы уже слишкомъ преувеличиваемъ огромный размѣръ отдѣльныхъ тѣлъ этихъ группъ, ежели скажемъ, что они суть солнца, подобныя нашему, и что ихъ взаимныя разстоянія равны тѣмъ, которыя находятся между нашимъ солнцемъ и ближайшими неподвижными звѣздами. Но когда мы представимъ себѣ, что совокупный свѣтъ этихъ звѣздныхъ группъ поражаетъ глазъ нашъ слабѣе, чѣмъ звѣзда пятой или шестой величины (ибо самая большая изъ нихъ чуть видна простымъ глазомъ): то мысль о такихъ безмѣрныхъ разстояніяхъ не будетъ имѣть ничего страннаго: во всякомъ случаѣ, на такую отдѣльную группу, in se ipso totus, teres atque rotundus

(самое въ себѣ *полную, стройную* и *круглую*), едвали можно смотрѣть иначе, какъ не на систему особеннаго и опредѣленнаго свойства. Круглая ихъ форма явно показываетъ существованіе нѣкоторыхъ общихъ узъ сродства между ними въ родѣ притягательной силы; и во многихъ изъ нихъ есть очевидное возрастаніе въ плотности, по мѣрѣ приближенія къ центру; а это не можетъ быть просто приписано равному разпредѣленію равно удаленныхъ звѣздъ въ шарообразномъ пространствѣ, но показываетъ внутреннюю плотность въ ихъ состояніи накопленія больше у центра, чѣмъ у поверхности массы. Трудно составить себѣ какое нибудь понятіе о динамическомъ состояніи такой системы. Съ одной стороны, ежели не допустимъ круговаго вращенія и центробѣжной силы, то едвали возможно представить себѣ, чтобы такая система могла поддерживаться, и чтобы звѣзды не упали одна на другую. Съ другой стороны, допуская такое движеніе и такую силу, мы находимъ не менѣе труднымъ согласить видимое сферичество ихъ формы съ вращеніемъ цѣлой системы вкругъ какой ни будь одной оси, безъ котораго (вращенія) внутренніи соединенія (смѣщенія) неизбѣжны (*). Мѣста, на 1830 годъ нѣкоторыхъ главнѣйшихъ изъ этихъ примѣча-

---

(*) Ежели мы предположимъ какое нибудь шарообразное пространство, наполненное равными звѣздами, единообразно разположенными въ немъ и въ самомъ большомъ числѣ, и притомъ такъ что каждая изъ нихъ притягиваетъ каждую другую въ обратномъ содержаніи квадратовъ разстоянія: то возникающая оттуда сила, дѣйствующая на которую нибудь изъ нихъ (кромѣ тѣхъ, которыя находятся

тельныхъ тѣлъ, какъ образцевъ въ своемъ родѣ, суть слѣдующія:

Прям. восх.		Сѣв. пол. разст.		Прям. восх.		Сѣв. пол. разст.	
час.	мин.						
13.	5.	70°.	55′.	17.	29.	93°,	8′.
13.	34.	60.	45.	21.	22.	78.	84.
15.	10.	87.	16.	21.	25.	91.	34.
16.	36.	53.	15.				

616) Мы обязаны Сиру Вильяму Гершелю самымъ точнымъ разборомъ многоразличныхъ тѣлъ, принадлежащихъ къ общему разряду туманностей (nebulae); онъ раздѣлилъ ихъ 1) на группы звѣздъ, въ которыхъ звѣзды ясно можно различать, а эти опять на шарообразныя и неправильныя группы; 2) *на раздѣляемыя туманности* или такія, о которыхъ можно догадываться, что онѣ состоятъ изъ звѣздъ, и которыя при значительнѣйшей оптической силѣ телескоповъ, можно было бы разложить на отдѣльныя звѣзды; 3) на такъ называемыя *туманности*, въ которыхъ нѣтъ явленія звѣздъ: и эти еще можно подраздѣлять по ихъ величинѣ и яркости; 4) *на планетныя туманности*; 5) *на звѣздныя туманности* и 6) *на туманныя звѣзды*.

на поверхности) въ слѣдствіе соединенныхъ притяженій, будетъ направлена къ общему центру сферы и содержаться въ прямомъ содержаніи разстоянія отъ центра звѣзды. Это вытекаетъ изъ доказаннаго Невтономъ внутренняго притяженія *однородной* (homogène) сферы. При такомъ законѣ силы, каж-

Большая сила его *телескопа* открыла намъ существованіе необъятнаго числа такихъ предметовъ, которые раздѣлены по всему небу со всѣмъ не равномѣрно, но, вообще говоря, особенно разпредѣлены въ широкомъ поясѣ, пересѣкающемъ млечный путь почти подъ прямыми углами, и имѣющемъ общее направленіе не слишкомъ удаленнымъ отъ положенія часоваго круга 0 ч. и 12 ч. Въ нѣкоторыхъ частяхъ этого пояса, особливо тамъ, гдѣ онъ пересѣкаетъ созвѣздіе Дѣвы, Волосовъ Вереники и Большой Медвѣдицы, туманности совокуплены въ большомъ количествѣ; но большая часть ихъ принадлежитъ къ телескопнымъ звѣздамъ и видна только въ самыя сильныя трубы.

617) Групы звѣздъ или шарообразны какъ тѣ, которыя мы уже описали, или имѣютъ неправильный видъ. Сіи послѣднія, вообще говоря, менѣе богаты звѣздами и особенно менѣе плотны къ центру; при томъ онѣ не такъ рѣзко окраены, такъ что часто не легко бываетъ сказать, оканчиваются ли онѣ какимъ нибудь предѣломъ,

---

дая отдѣльная звѣзда опишетъ совершенный эллипсъ около общаго ихъ центра тяготѣнія, какъ около собственнаго центра, каковы бы ни были плоскость и направленіе движенія. Слѣдственно условіе вращенія такой массы около одной оси будетъ излишнимъ. Каждой эллипсъ, какое бы ни было содержаніе его оси или наклонности его плоскости къ другимъ, будетъ неизмѣненъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, и цѣлое будетъ описано въ одинъ общій періодъ, — такъ что при концѣ каждаго такаго періода или (annus magnus) великаго года системы, каждая

или должно считать ихъ только частями неба, которыя богатѣе звѣздами частей, ихъ окружающихъ. Въ нѣкоторыхъ изъ нихъ всѣ звѣзды почти одинаковой величины, въ другихъ же весьма различны; и не рѣдко бываетъ, что между ними находится весьма красноватая звѣзда ярчайшая остальныхъ и занимающая особенное между ними положеніе. Сиръ Вильямъ Гершель считаетъ ихъ шарообразными группами, приведенными въ меньшее состояніе плотности; и полагаетъ, что всѣ такія группы приближаются взаимнымъ притяженіемъ къ шарообразному виду и скопляются вмѣстѣ отъ всѣхъ окружающихъ странъ подъ вліяніемъ закона, на который, должно сознаться, мы не имѣемъ другаго доказательства, кромѣ характера постепенности между группами; такъ что нельзя сказать, гдѣ одинъ родъ такихъ тѣлъ оканчивается и другой начинается.

618) На раздѣляемыя туманности естественно можно смотрѣть, какъ на группы звѣздъ столько отдаленныя, или какъ на состоящія изъ звѣздъ столько слабыхъ, что онѣ не поражаютъ насъ отдѣльнымъ своимъ свѣтомъ; развѣ когда случится, что двѣ или три будутъ

звѣзда этой группы (кромѣ тѣлъ, которыя на поверхности) будетъ совершенно приведена въ первоначальное положеніе, чтобы опять начать свой путь и продолжать его на безконечное число вѣковъ. Итакъ, ежели движенія ихъ расположены такъ, что орбиты ихъ не пересѣкаются и при томъ такъ, что величина каждой звѣзды и величина сферы, въ которой преимущественно дѣйствуетъ ея притяженіе, должны быть незначительны въ отношеніи къ

такъ близки, что произведутъ совокупное впечатлѣніе и представятся точкой свѣтлѣе прочихъ. Онѣ вообще круглы или овальны: слабыя ихъ прибавленія и неправильности всегда теряются по причинѣ дальности, и различается только общій видъ болѣе плотныхъ частей. Точно такимъ же образомъ являются всѣ большія шарообразныя группы въ телескопахъ, которыхъ сила недостаточна для яснаго ихъ размѣренія. Заключеніе — ясное т. е. что тѣ туманности, которыя еще только кажутся раздѣляемыми въ сильные телескопы, со временемъ дѣйствительно усмотрѣны будутъ такими, когда сила телескоповъ еще возвысится.

619) Собственно такъ называемыя туманности представляются также чрезвычайно разнообразными. Изображенныя въ фиг. 79 и 80, суть самыя замѣчательныя. Первая фигура изображаетъ туманности, окружающія четвероугольникъ, (или, лучше, шестиугольникъ) звѣзды Θ въ созвѣздіи Оріона; другая представляетъ туманность около звѣзды η въ южномъ созвѣздіи *Робуръ — Кароли* (дубъ Карла II); первая открыта Гюгенсомъ въ 1656 и изображена такъ, какъ усмотрѣна въ

разстояніямъ, которое отдѣляетъ звѣзду отъ звѣзды: то существованіе такой системы, очевидно можно допустить, равно какъ и дѣйствительно существованіе въ огромнѣйшемъ размѣрѣ той идеальной гармоніи, которая должна быть отличительнымъ свойствомъ закона пропорціональности силъ къ разстояніямъ, какъ доказалъ Невтонъ въ 89 предложеніи первой книги своихъ началъ (Principia. Смотр. также Quarterly Review N 94, стр. 540.

20-ти футовомъ рефлекторѣ въ Сло; последняя, открытая Лакаильомъ (Lacaille) взята съ чертежа Г. Дунлопа (Phil. Trans. 1827). Туманное свойство сихъ предметовъ, по крайней мѣрѣ перваго, весьма отлично отъ того, которому должно произходить отъ собранія безчисленнаго множества малыхъ звѣздъ. Первая туманность составлена изъ небольшихъ массъ подобныхъ небольшимъ облакамъ; края массъ представляются ограниченными множествомъ малыхъ звѣздъ и особливо одною значительною звѣздою (изображенною на фиг. подъ туманнымъ пятномъ) которая окружена туманной атмосферой значительной величины и страннаго вида. Многіе Астрономы сравнивая эту туманность съ изображеніемъ, которое представилъ открыватель ея Гюгенсъ, заключили, что форма ея претерпѣла значительную перемѣну, но когда возмемъ въ разсужденіе, какъ трудно изобразить такой предметъ съ точностью и какъ видъ его измѣняется, если даже наблюдать его въ одинъ и тотъ же телескопъ, смотря по ясности погоды или отъ другихъ случайныхъ причинъ: то должно согласиться, что нѣтъ на такое заключеніе твердаго доказательства.

620) Фиг. 80 изображаетъ туманность особаго рода. Фигура снята съ созвѣздія Андромеды, близъ звѣзды ν. Ее можно видѣть простымъ глазомъ и тѣ, которые не знакомы съ положеніемъ неба, принимаютъ ее за комету. Симонъ Маріусъ, замѣтившій её въ 1612 году, описываетъ видъ ея подобнымъ свѣчки, если смотрѣть на нее сквозь рогъ: сравненіе довольно точно. Видъ ея овальный, продолговатой. Блескъ ея начинаетъ

возрастать отъ краевъ сначала довольно постепенно, а потомъ съ большею быстротою даже до центра, который хотя гораздо ярче остальныхъ частей, но, очевидно, не можетъ быть принятъ за звѣзду, но за туманность въ большомъ состояніи плотности. Она содержитъ въ себѣ нѣсколько небольшихъ звѣздъ; но эти звѣзды случайны и самая туманность не показываетъ ни малѣйшихъ слѣдовъ тому, чтобы состояла изъ звѣздъ. Величина ея довольно значительна: потому что она имѣетъ около полуградуса въ длину и 15 или 20 минутъ въ ширину.

621) Эта туманность можетъ служить образцемъ, на большомъ масштабѣ, великаго числа туманныхъ пятенъ, круглой или овальной фигуры, увеличивающихся болѣе или менѣе въ плоскости къ центру: но въ этомъ послѣднемъ отношеніи они чрезвычайно различны. Въ нѣкоторыхъ плотность увеличивается слабо и постепенно; въ другихъ быстро и значительно, — такъ значительно, что они отъ этого кажутся слабою потухшею звѣздою, съ легкою тѣнью вокругъ; и въ этомъ случаѣ ихъ называютъ туманностями звѣздными, между тѣмъ другія представляютъ собою прекрасное и разительное явленіе окраенной свѣтлой звѣзды, окруженной со всѣхъ сторонъ совершенно круглымъ ободомъ или атмосферою, иногда имѣющею слабой цвѣтъ, который уменьшается во всѣ стороны непримѣтно, а иногда прекращается вдругъ. Это туманныя звѣзды. Разительной примѣръ такой звѣзды есть 55 Андромеды (прям. восх. $1^{ч.}$ $43^{м.}$ сѣвер. поляр. разст. 50° $7'$); *ε* Оріона и тогоже созвѣздія также туманныя звѣзды, но туман-

ность ихъ можно видѣть только въ самой сильный телескопъ. Что касается до уклоненія отъ сферической формы, то она въ овальныхъ туманностяхъ бываетъ весьма различна: однѣ имѣютъ только слабое эллиптичество; другія растянуты очень въ длину и это даетъ имъ видъ продолговатой, тонкой ракеты, постепенно оканчивающейся къ обѣимъ сторонамъ. Одна изъ примѣчательнѣйшихъ туманностей въ этомъ родѣ находится въ прям. восхож. $12^ч$ 28 и сѣвер. полярное разстояніе 63^0 $4'$.

622) Кольцеобразныя туманности также существуютъ, но относятся къ самымъ рѣдкимъ предметамъ на небѣ. Примѣчательнѣйшій такого рода предметъ находится прямо на половинѣ между *звѣздами* β и γ Лира и можетъ быть видѣнъ телескопомъ умѣренной силы. Эта туманность мала и особенно хорошо окраена, такъ что въ сущности она имѣетъ болѣе сходства съ плоскимъ овальнымъ кольцемъ, чѣмъ съ туманностью. Оси эллипса находятся между собою въ содержаніи около 4 къ 5, и отверстіе занимаетъ около половины діаметра; свѣтъ ея не совсѣмъ ровенъ, но имѣетъ волнистый, особливо на внѣшней сторонѣ; центральное отверстіе не совсѣмъ темно, но наполнено особымъ мглистымъ свѣтомъ, равномѣрно распространеннымъ, подобно тонкому газу, покрывающему кольце.

(623) Планетныя туманности суть весьма странные предметы: онѣ имѣютъ большое сходство съ планетами. Это — круглые или нѣсколько овальные диски иногда рѣзко окраенные, а иногда имѣющіе на краяхъ

мглистый видъ; свѣтъ ихъ довольно ровный, а иногда разобранъ, и въ нѣкоторыхъ равняется въ яркости съ дѣйствительными планетами. Какова бы ни была ихъ природа, но онѣ должны быть огромнаго размѣра: одна изъ нихъ находится въ параллели V Водолея и около 5 минутъ идетъ впереди этой звѣзды; видимый ея діаметръ около 20″. Другая туманность въ созвѣздіи Андромеды представляетъ видимый дискъ около 12″, совершенно окраенный и круглый. Ежели допустить, что эти тѣла находятся отъ насъ въ такомъ же удаленіи, какъ и звѣзды, то истинный ихъ діаметръ по крайней мѣрѣ долженъ быть равенъ діаметру орбиты Урана, очевидно также, что, если бы они были твердыя тѣла солнечнаго свойства, дѣйствительный блескъ ихъ поверхностей долженъ быть безконечно слабѣе солнечнаго. Кругообразная часть солнечнаго диска содержащая около 20″, дала бы свѣтъ равный свѣту ста полныхъ лунъ; между тѣмъ какъ тѣла, о которыхъ мы говоримъ, едва видны простымъ глазомъ. Однообразіе ихъ дисковъ и недостатокъ видимой центральной плотности заставляетъ насъ предполагать, что свѣтъ ихъ есть только поверхностный, подобный свѣту сферической, пустой оболочки. Но наполнена ли средина ихъ твердыми, или газообразными частицами или совершенно пуста: это открываетъ обширное поле догадкамъ.

(724) Между туманностями, которыя имѣютъ очевидную форму симметріи, и которыя, кажется, можно безъ сомнѣнія считать за системы опредѣленнаго свойства, хотя составъ ихъ не извѣстенъ, замѣчательнѣйшія суть 51 и 27 каталога Мессіера. Первая состоитъ

изъ большой, свѣтлой, шарообразной туманности, окруженной двойнымъ кольцемъ, которое отстоитъ на значительное разстояніе отъ шара или, лучше, она окружена однимъ кольцемъ, раздѣленнымъ, въ протяженіи двухъ пятыхъ окружности, на двѣ вѣтьви, изъ которыхъ одна представляется какъ бы вынутою изъ остальной части кольца. Послѣдняя состоитъ изъ двухъ свѣтлыхъ, чрезвычайно плотныхъ, круглыхъ, или не много овальныхъ, туманностей, соединенныхъ короткою шейкою такойже плотности. Слабая туманная атмосфера дополняетъ систему, обхватывая оба шара. Она имѣетъ видъ начерченнаго эллипса, котораго малая ось есть симметрическая ось системы, около которой можно предположить ее вращающеюся, или линія, проходящая черезъ центры обѣихъ туманныхъ массъ. Эти тѣла никогда достаточно не были описаны; потому что инструменты, которыми они были сначала открыты, совершенно были не достаточны для показанія упомянутыхъ выше особенностей, по которымъ должно отнести ихъ, кажется, къ особому роду. Одно изъ нихъ представляетъ много сходнаго съ составомъ Сатурна или съ нашимъ звѣзднымъ небомъ и млечнымъ путемъ. Другое имѣетъ очень мало или вовсе не имѣетъ сходства ни съ однимъ изъ извѣстныхъ предметовъ.

(625) Съ какой бы точки зрѣнія ни смотрѣть на эти туманности: онѣ представляютъ собою неистощимый предметъ размышленій и предположеній. Что большая часть ихъ состоитъ изъ звѣздъ: въ этомъ нельзя много сомнѣваться. Здѣсь въ безконечныхъ рядахъ,

гдѣ взгромождаются системы на системы и тверди небесныя на тверди, о которыхъ мы едва имѣемъ слабое понятіе, — воображеніе наше теряется. Съ другой стороны, ежели правда (что впрочемъ весьма вѣроятно), что въ безконечности пространства существуетъ фосфорическое свѣтоносное вещество, разсѣянное въ видѣ облаковъ, или тумана, то принимающее различныя формы, подобныя иногда дѣйствительнымъ облакамъ, несомымъ отъ вѣтровъ, — то иногда сосредоточивающееся, подобно кометнымъ атмосферамъ, около нѣкоторыхъ звѣздъ: то мы естественно должны спрашивать, какая природа, какое назначеніе этого туманнаго вещества? Отдѣляется ли оно отъ звѣздъ, по близости которыхъ находится, и снабжаетъ ли оно ихъ достаточнымъ количествомъ свѣта и теплоты? Или собственнымъ притяженіемъ оно сосредоточивается постепенно въ массы, и такимъ образомъ служитъ началомъ новымъ звѣзднымъ системамъ или отдѣльнымъ звѣздамъ? Легче предлагать такіе вопросы, чѣмъ давать удовлетворительные на нихъ отвѣты. Будемъ придерживаться къ фактамъ, при постоянномъ и прилежномъ наблюденіи; и какъ двойныя звѣзды уже уступили такому роду разсматриванія и открыли намъ рядъ отношеній чрезвычайно занимательныхъ и легко постигаемыхъ: точно также можно надѣяться, что тщательныя наблюденія туманностей рано или поздо приведутъ насъ къ яснѣйшему познанію ихъ свойства.

(626) Остается намъ упомянуть объ одномъ явленіи, которое, кажется, показываетъ существованіе легкой туманности около солнца, такъ что можно да-

же поставить ее въ числѣ туманныхъ звѣздъ. Оно называется *зодіакальнымъ свѣтомъ* и можетъ быть усмотрѣно въ хорошій ясной вечеръ, вскорѣ послѣ захожденія солнца около мѣсяцовъ Апрѣля и Мая и въ противоположныхъ имъ мѣсяцахъ до восхожденія солнца, въ видѣ конуса или чечевицеобразнаго свѣта: этотъ свѣтъ простирается отъ горизонта косвенно вверхъ и направляется большею частію по эклиптикѣ или иногда по солнечному экватору. Видимое угловое разстояніе его вершины отъ солнца измѣняется, смотря по обстоятельствамъ, отъ 40° до 90° и ширина его базиса, перпендикулярнаго къ его оси, отъ 8° до 30°. Этотъ свѣтъ чрезвычайно слабъ и худо окраенъ, по крайней мѣрѣ въ нашихъ климатахъ; въ тропикахъ онъ гораздо явственнѣе, но ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть ошибочно принять за какой либо атмосферическій метеоръ или сѣверное сіяніе. Онъ является въ родѣ тонкой чечевицеобразной атмосферы, окружаетъ солнце, простирается за предѣлы орбиты Меркурія и даже Венеры и можетъ быть по справедливости считаемъ не инымъ чѣмъ, какъ плотнѣйшею частію той среды, которая, какъ мы имѣемъ основаніе заключить, сопротивляется движенію кометъ. Можетъ быть, содержитъ онъ частицы хвостовъ отъ разрушенныхъ милліоновъ кометъ, при ихъ послѣдовательныхъ прохожденіяхъ перигелія (статья 487), частицы, которыя должны чрезъ продолжительное время соединяться съ солнцемъ.

ГЛАВА XIII.

О КАЛЕНДАРѢ.

(627) Время, подобно пространству, можетъ быть измѣряемо черезъ сравненіе съ какою нибудь нормальною величиною или единицею; и все, что нужно для опредѣленія съ точностью промежутка, — это есть возможность прилагать нормалъ ко всей его длинѣ безъ всякихъ пропусковъ или излишковъ въ измѣреніи, такъ чтобы можно было означить цѣлое число единицъ и дробь единицы, входящихъ въ составъ промежутка.

(628) Хотя бы всѣ нормальныя единицы времени, если разумѣть теоретически, могли быть равны: но на практикѣ онѣ не всѣ таковы. Тропическій годъ и солнечный день суть естественныя единицы, свойственныя нуждамъ человѣка и всѣмъ общественнымъ дѣламъ: и мы неизбѣжно должны употреблять ту и другую изъ этихъ единицъ, несмотря на неудобства, которыя очень скоро заставили бы насъ бросить которую нибудь изъ нихъ, если бы только выборъ лучшей былъ возможенъ. Главное изъ этихъ неудобствъ есть ихъ *несоизмѣримость*, и недостатокъ совершенной равномѣрности, по крайней мѣрѣ въ одной изъ нихъ.

(629) Средніе періоды звѣзднаго дня и года (опредѣленные по числу годовъ совершенно достаточному для уравновѣшенія колебаній, происходящихъ отъ нутаціи въ одномъ и отъ неровностей сорасположеній планетъ въ другомъ) суть два самыя неизмѣняемыя количества, представляемыя намъ природою, первое — по причинѣ суточнаго вращенія земли, а послѣднее по причинѣ неизмѣняемости осей планетныхъ орбитъ. Отсюда слѣдуетъ что средніе солнечные сутки неизмѣнны. Но нельзя того же сказать о тропическомъ годѣ. Движеніе равноденственныхъ точекъ измѣняется нетолько отъ отставанія екватора по эклиптикѣ, но и отъ перемѣщеній плоскости самой эклиптики, по причинѣ дѣйствія другихъ планетъ. Слѣдственно это движеніе измѣняется и влечетъ за собою перемѣну въ тропическомъ годѣ, который находится въ зависимости отъ мѣста равноденствія (статьи 517. 328). Въ наше время тропическій годъ 4 мин. 21 сек. короче противу того, какъ онъ былъ во времена Гиппарха. Этотъ существенный недостатокъ нормальной единицы т. е. недостатокъ неизмѣняемости года заставляетъ насъ, вмѣсто естественной его величины, принимать величину искусственную, столько близкую къ истинѣ, что отъ накопленія погрѣшностей въ теченіе многихъ столѣтій не выходитъ ни какихъ неудобствъ для дѣлъ гражданской жизни; но, въ отношеніи ученомъ, опредѣленный такимъ образомъ тропическій годъ есть не болѣе, какъ представитель извѣстнаго числа цѣлыхъ дней и дробныхъ частей дня, по тому что здѣсь только день принимаютъ за единицу. Это довольно похоже на то, какъ въ торговыхъ дѣлахъ считаютъ золотую и серебренную

монету, на основаніи искуственной нѣкоторой цѣнности, искуственнаго между ними отношенія установленнаго закономъ, хотя это отношеніе почти никогда не согласуется съ биржевымъ курсомъ золота и серебра: и тотъ металлъ, который меньше подверженъ перемѣнамъ въ курсѣ и больше употребителенъ въ другихъ странахъ, принимается за истинный, теоретическій нормалъ въ опредѣленіи всякаго рода цѣнности.

(630) Другое неудобство этихъ двухъ нормаловъ времени есть ихъ *несоизмѣримость*. Въ измѣреніи пространства всѣ подраздѣленія содержатся въ равныхъ частяхъ къ единицѣ или нормаламъ; ярдъ имѣетъ три фута, миля восемь фурлонговъ и проч: Но годъ не есть точное число полныхъ дней, и даже неполное число съ какою нибудь извѣстною дробью, как на прим: съ одною третью или одною четвертью: здѣсь излишекъ есть несоизмѣримая дробь, составленная изъ часовъ, минутъ, секундъ и проч: отсюда происходитъ такое же не удобство въ счисленіи времени, какое произошло бы въ счетѣ денегъ, если бы вели его золотыми и серебренными монетами, и если бы золотыя монеты не могли быть переведены на цѣлыя серебренныя монеты, ни на дробныя части этихъ монетъ. — Единственное средство устранить такое неудобство въ счисленіи времени есть то, что надобно вести строгій счетъ излишнимъ дробямъ; и какъ скоро онѣ составятъ цѣлый день, то прибавить его къ числу дней, содержащихся въ году.

(631) Сдѣлать это самымъ простымъ и удобнымъ образомъ есть предметъ хорошо расположеннаго календаря

даря, въ Грегоріанскомъ календарѣ, это дѣлаютъ очень просто помощію двухъ искуственныхъ годовъ, одного изъ 365 дней, а другаго изъ 366, — руководствуясь для порядка въ счетѣ простымъ правиломъ, которое легко запомнить; такъ что въ продолженіи многихъ тысячъ лѣтъ между суммою полныхъ грегоріанскихъ годовъ и суммою дѣйствительныхъ тропическихъ годовъ разница будетъ не свыше одного дня, отъ этого равноденствія и солнцестоянія случаются почти въ одни и тѣ же дни всякаго Грегоріанскаго года и времена года всегда соотвѣтствуютъ однимъ и тѣмъ же мѣсяцамъ, а не переходятъ въ другіе, какъ это вышло бы при всякомъ другомъ счисленіи, и какъ это дѣйствительно было до употребленія сего счисленія.

(632) Грегоріанское счисленіе состоитъ въ слѣдующемъ; годы считаются отъ Рождества Христова на основаніи нѣкотораго опредѣленнаго хронологическаго опредѣленія этого событія; каждый годъ, котораго число недѣлится на 4 безъ остатка, состоитъ изъ 365 дней, годъ который дѣлится на 4 но не дѣлится на 100 изъ 366 а годъ, который дѣлится на 100, но не дѣлится на 400, опять изъ 365; а который дѣлится на 400, изъ 366. Напримѣръ 1833 годъ не дѣлится на 4 и потому состоитъ изъ 365; 1836 изъ 366: 1800 и 1900 состоятъ изъ 365; но 2000 годъ изъ 366. Чтобы видѣть, какъ близко поведетъ насъ это правило къ истинѣ, посмотримъ, какое число дней 10,000 Грегоріанскихъ годовъ будетъ содержать, начиная съ 1-го года. Въ 10,000 лѣтъ числа, недѣлимыя на 4, будетъ $\frac{3}{4}$ изъ 10.000 или 7500; числа дѣлимыя на 100 но не дѣлимыя на 400, также будутъ $\frac{3}{4}$ изо 100, или 75; такъ что изъ 10.000 искомыхъ лѣтъ 7575 состоятъ изъ 365, а

остальные 2425 изъ 366 составляя все вмѣстѣ 3652425 дней, которые дадутъ, если взять среднее, каждый годъ въ 365, дн. 2425. Настоящая величина тропическаго года (статья 327) приведенная въ десятичныя дроби есть 365, 24224 — ; такимъ образомъ погрѣшность Грегоріанскаго правила на 10000 тропическихъ годовъ есть 2, 6 дня или 2 дня 14 час. 24 мин. т. е. меньше дня на 3000 лѣтъ: такой точности и довольно для обыкновенныхъ человѣческихъ нуждъ; что касается до Астронома, то не надобно опасаться, чтобы онъ вовлеченъ былъ черезъ это въ ошибку. Даже и этой не точности можно избѣжать, если правило грегоріанскаго счисленія разпространить далѣе, чѣмъ полагали изобрѣтатели, и принять, что годы дѣлимые на 4000, должны состоять изъ 365 дней. Такимъ образомъ отнимется два полныхъ дня изъ показаннаго выше числа; отъ чего въ 100,000 Грегоріанскихъ годовъ составится 3652422,5 дней; а это разнится только однемъ днемъ отъ 100.000 настоящихъ тропическихъ годовъ.

(633) Какъ разстояніе какого нибудь пути или дороги мы можемъ, хотя весьма сложно и неудобно, измѣрять рядомъ столбовъ, поставленныхъ на неровныхъ промежуткахъ и показывающихъ неровное число миль, но впрочемъ имѣющихъ нѣкоторый определенный порядокъ постепенности, какъ напр. чтобы всякая четвертая миля имѣла 50 метровъ больше, въ сравненіи съ тремя другими: также точно дѣлается и въ Грегоріанскомъ Календарѣ, въ которомъ помощію простаго правила показываютъ, сколько между какими нибудь двумя событіями или эпохами содержится годовъ въ 365, и

сколько въ 366 дней. Послѣдніе годы называются *высокосными* и излишній день, введенный въ счисленіе, называется *высокоснымъ* днемъ.

(634) Если бы Грегоріанское счисленіе всегда употреблялось, то всего легче было бы сосчитать число дней протекшихъ отъ какого нибудь историческаго событія; но не такъ это бываетъ на самомъ дѣлѣ; и календарь въ отношеніи хронологіи и вычисленія древнихъ наблюденій можетъ быть сравненъ съ часами, которые идутъ сами по себѣ, но ихъ иногда забываютъ заводить, или когда заводятъ, то ставятъ ихъ нѣсколько впередъ или назадъ, и чаще всего для нѣкоторыхъ частныхъ выгодъ и цѣлей. Такъ по крайней мѣрѣ было съ Римскимъ календаремъ (отъ котораго нашъ происходитъ) со времени Нумы до Юлія Кесаря: согласіе луннаго года, состоящаго изъ 13 мѣсяцовъ или 355 дней, съ годомъ солнечнымъ, которымъ опредѣляются времена года поддерживалось тогда прибавками, которыя произвольно дѣлали жрецы для того, чтобы помогать злоупотребленіямъ правительства, — такъ что наконецъ все запуталось. Юлій Кесарь, при помощи Созигена, извѣстнаго Александрійскаго астронома и математика, первый установилъ два различные года изъ 365 и 366 дней, послѣдній высокосный годъ съ лишнимъ днемъ послѣ каждыхъ трехъ простыхъ годовъ. Эта важная перемѣна случалась въ 45 году, до Рождества Христова, и это былъ первый правильный годъ начавшійся 1-го числа Января, которое вмѣстѣ было и днемъ новолунія, слѣдовавшаго за зимнимъ солнцестояніемъ. Можно посудить, до чего наконецъ дошелъ Римскій календарь, когда для то-

го, чтобы ввести новую систему счисленія времени нужно было сдѣлать предшествовавшій годъ (46 до Р. Х) въ 455 дней, почему онъ и названъ былъ годомъ *замѣшательства*, или какъ бы безтолковымъ.

635) Юліанское счисленіе безъ исключенія дѣлало каждый четвертый годъ высокоснымъ. Это происходило отъ предположенія, что тропическій годъ состоитъ ровно изъ 365¼ дней, но этого много, и потому открывается погрѣшность изъ семи дней въ 900 лѣтъ. По этому, въ 1414 году, начали замѣчать, что равноденствія постепенно стали уклоняться отъ 21 Марта и Сентября, на которыя они всегда должны были упадать, еслибы Юліанскій годъ былъ точенъ. Необходимость новаго календаря и совершенной реформы въ счисленіи съ того времени болѣе и болѣе сдѣлалась нужною. Перемѣна (произведенная при Папѣ Григоріѣ XIII) состояла въ томъ, что откинули 10 дней послѣ 4 Октября 1582 (такъ что слѣдующій день былъ 15-тымъ а не 5-тымъ числомъ) и обнародовали изъясненное выше правило счисленія для будущаго употребленія. Перемѣна сія была немедленно принята во всѣхъ Католическихъ земляхъ; но въ Протестанскихъ гораздо позже. Въ Англіи, перемѣна штиля, какъ это называли, сдѣлана послѣ 2 Сентября 1752: въ это время отбросили 11 дней, такъ что послѣдніи дни стараго штиля были 1-е и 2-е число, а первой новаго штиля былъ вмѣсто 3-го названъ 14 числомъ. Это самое установленіе, утвердившее Грегоріанскій годъ въ 1752, укоротило предшествовавшій 1751 цѣлою четвертью. До этого времени полагали годъ начинающимся съ 25 Марта; и 1751 годъ также

начался 25 Марта. Но этому году не дали кончиться и слѣдовавшій 1752 годъ начали съ 1-го Генваря. Теперь въ Европѣ только одна Россія удерживаетъ старый штиль, и съ 1800 года разность между Россіею и остальными державами уже сдѣлалась 12 дней.

636) Что касается до Астрономіи, то несогласіе въ числахъ и противорѣчія въ историческихъ актахъ относительно времени событія, по сравненію съ вѣрными свѣдѣніями о счисленіи времени древнихъ, для нее ни сколько не вредно. Астрономическое наблюденіе какого нибудь разительнаго и хорошо опредѣляемаго явленія имѣетъ въ большей части случаевъ достаточныя средства къ вѣрному отысканію числа, когда оно сопровождается хотя приблизительнымъ хронологическимъ свѣденіемъ. Иногда это наблюденіе служитъ намъ къ опредѣленію историческаго событія, въ разсужденіи котораго противорѣчащія сказанія древнихъ историковъ оставляютъ насъ въ неизвѣстности. Такъ какъ нынѣ лунная теорія приведена въ извѣстность, то примѣчательныя лунныя затмѣнія могутъ быть вычисляемы на нѣсколько тысячь лѣтъ назадъ, безъ погрѣшности даже въ одномъ днѣ: и вездѣ, гдѣ упоминается древними писателями о примѣчательномъ лунномъ затмѣніи, которому соотвѣтствуетъ какое нибудь историческое событіе, точное число или время оного событія открывается. (*).

(*) Смотри примѣчательныя вычисленія Г. Беля относительно солнечнаго затмѣнія, окончившаго сраженіе между царями Мидійскимъ и Лидійскимъ за 610 до Р. Х., 30 Сентября.

637) Послѣ шого какъ опредѣлено число дней въ году, нужно, для шочнаго знанія времени, дашь каждому дню имя, для повсемѣсшнаго, единообразнаго упошребленія. И какъ дней въ году шакъ много, чшо шрудно запомнишь ихъ особыя имена, шо всѣ народы мочувсшвовали надобносшь раздѣлишь годъ на меньшіе періоды, дашь эшимъ періодамъ имена, и различашь въ нихъ дни или по числамъ, или другими какими нибудь знаками. За шакой періодъ взяли лунный мѣсяцъ и нѣкошорые народы предпочли лунную хронологіш солнечной: Турки и Евреи продолжаюшъ до сихъ поръ счишашь 13 лунныхъ мѣсяцевъ изъ 355 дней (*). Наше раздѣленіе на 12 неровныхъ мѣсядовъ совершенно произвольно и весьма часшо производишъ смѣшеніе, происходящее ошъ различія между лунымъ и шабличнымъ мѣсяцомъ. Лишній день есшесшвенно прибавляешся къ Февралю мѣсяцу, кошорый короче другихъ.

(*) Метоническій циклъ, или тотъ фактъ, открытый Метономъ, Греческимъ математикомъ, что 19 солнечныхъ лѣтъ содержатъ 235 лунацій (что въ самомъ дѣлѣ чрезвычайно близко) Греками достаточно оцѣненъ, и открыватель былъ очень награжденъ.

КОНЕЦЪ.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА
ЭЛЕМЕНТОВЪ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ.

N. B. Данныя для Весты, Юноны, Цереры и Паллады относящся къ 1-му Января 1820; для другихъ планетъ къ 1-му Января 1801 года.

Названія планетъ.	Среднее разст. отъ солнца или полуось.	Средній звѣздный періодъ въ средн. солн. дняхъ.	Эксцентренность въ частяхъ полуоси
Меркурій.	0, 3870981.	87, 9692580.	0, 2055149.
Венера.	0, 7233316.	224, 7007869.	0, 0068607.
Земля.	1, 0000000.	365, 2563612.	0, 0167836.
Марсъ.	1, 5236923.	686, 9796458.	0, 0933070.
Веста.	2, 3678700.	1325, 7431000.	0, 0891300.
Юнона.	2, 6690090.	1592, 6608000.	0, 2578480.
Церера.	2, 7672450.	1681, 3931000.	0, 0784390.
Паллада.	2, 7728860.	1686, 5388000.	0, 2416480.
Юпитеръ.	5, 2027760.	4332, 5848212.	0, 0481621.
Сатурнъ.	9, 5387861.	10759, 2198174.	0, 0561505.
Уранъ.	19, 1823900.	30686, 8208296.	0, 0466794.

Названія планетъ.	Наклонность къ эклиптикѣ.	Долгота восходящаго узла.	Долгота перигелія.
Меркурій.	7° 0′ 9″, 1	45° 57′ 30″, 9	74° 21′ 46″, 9
Венера.	3 23 28, 5	74 54 12, 9	128 43 53, 1
Земля.	— — —	— — —	99 30 5, 0
Марсъ.	1 51 6, 2	48 0 3, 5	332 23 56, [illegible]
Веста.	7 8 9, 0	103 13 18, 2	249 33 24, 4
Юнона.	13 4 9, 7	171 7 40, 4	53 33 46, 0
Церера.	10 37 26, 2	80 41 24, 0	147 7 31, 5
Паллада.	34 34 55, 0	172 39 26, 8	121 7 4, 3.
Юпитеръ.	1 18 51, 3	98 26 18, 9	11 8 34, 6
Сатурнъ.	2 29 35, 7	111 56 37, 4	89 9 29, 8
Уранъ.	0 46 28, 4	72 59 35, 3	167 31 16, 1

Названія планетъ.	Средняя долгота въ эпоху.	Масса въ билліонныхъ частяхъ массы солнца.	Экват. Діаметръ, принимая діаметръ солнца 111, 454.
Меркурій.	166°, 0′ 48″, 6	493628.	0, 398.
Венера.	11 33 3, 0	2463836.	0, 975.
Земля.	100 39 10, 2	2817409.	1, 000
Марсъ.	64 22 55, 5	392735.	0, 517.
Веста.	278 30 0, 4	— — —	— — —
Юнона.	200 16 19, 1	— — —	— — —
Церера.	123 16 11, 9	— — —	— — —
Паллада.	108 24 57, 9	— — —	— — —
Юпитеръ.	112 15 23, 0	953570222.	10, 860.
Сатурнъ	135 20 6, 5	284738000.	9, 987.
Уранъ.	177 48 23, 0	55809612.	4, 332.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

ЭЛЕМЕНТОВЪ ОРБИТЪ СПУТНИКОВЪ.

NB. Разстоянія выражены въ экваторіальныхъ радіусахъ главныхъ планетъ. Эпоха взята 1-е Января 1801. Періоды выражены въ среднихъ солнечныхъ дняхъ.

I. Луна.

Среднее разстояніе отъ земли	29 рад.	98217500.
Среднее звѣздное вращеніе.	27 дн.	321661418.
Среднее синодическое вращеніе.	29 д.	530588715.
Эксцентриситетъ орбиты.	0,	054844200.
Среднее вращеніе узловъ.	6793 дн.	391080
Среднее вращеніе апогея.	3232 дн.	575343.
Средняя долгота узла для эпохи.	13°	53′ 17″, 7.
Средняя долгота перигея для эпохи.	266	10 7, 5.
Среднее наклоненіе орбиты.	5	8 47, 9.
Средняя долгота луны въ эпоху.	118	17 8, 3.
Масса, если массу земли принять за 1		0,0125172.
Діаметръ въ миляхъ.		2,160.

II. Спутники Юпитера.

Спутн.	Среднее разстояніе.	Звѣздное вращеніе.	Наклонность орбиты къ орбитѣ Юпитера.	Масса, если принять массу Юпитера. 1000000000.
1.	6,04853.	1д. 18ч. 28м.	3° 5′ 30″	17328
2.	9,62347.	3 13 14	перемѣнная	23235
3.	15,35024.	7 3 43	перемѣнная	88497
4.	26,99835.	16 16 32	2 58 48	42659

Эксцентричности 1-го и 2-го спутника незначительны; эксцентричности 3-го и 4-го спутника перемѣнны вслѣдствіе взаимныхъ пертурбацій.

III. Спутники Сатурна.

Спутники.	Среднее разстояніе.	Звѣздное Вращеніе.	Эксцентренности и наклонности.
1 2 3 4 5 6 7	3.351 4.300 5.284 6.819 9.524 22.081 64.359	0 д. 22ч. 38 м. 1 8 53 1 21 18 2 17 45 4 12 25 15 22 41 79 7 55	Орбиты шести внутреннихъ спутниковъ почти круглые, и почти совпадаютъ съ плоскостью кольца, орбита седьмаго значительно наклонна къ плоскостямъ другихъ, и очень близко совпадаетъ съ эклиптикою.

IV. Спутники Урана.

Спутники.	Среднее разстояніе.	Звѣздное Вращеніе.	Наклонность къ эклиптикѣ.
1? 2 3? 4 5? 6?	13,120 17,022 19,845 22,752 45,507 91,008	5д. 21ч. 25м. 0с. 8 16 56 5 10 23 4 0 13 11 8 59 38 1 48 0 107 16 40 0	Орбиты наклонны около 78° 58′ къ эклиптикѣ; движенія — отступательныя. Періоды 2 и 4 спут. требуютъ только небольшихъ поправокъ. Орбиты кажутся почти круглыми

ОГЛАВЛЕНІЕ

Второй Части.

ГЛАВА VII.

ГЛАВА VIII.

О солнечной системѣ.

Страк.

ГЛАВА IX.

О спутникахъ.

ГЛАВА X.

О кометахъ.

Стран.

ГЛАВА XIII.

ОПЕЧАТКИ

ВО ВТОРОЙ ЧАСТИ.

Стран.	Строк.	*Напечатано*	*Должно читать*
1	10	Пертубраціонное	Пертурбаціонное
11	16	0, 2534	0, 2543
—	27	$\frac{354236}{384472}$	$\frac{354936}{1384472}$
—	28	1, 2343	0, 2543
15	4	$\frac{1}{00}$	$\frac{1}{400}$
—	10	пропущено: (фиг. 51)	
—	25	сходна съ плоскостью	близка къ плоскости
20	7	(Фиг. 53)	(фиг. 52)
22	16	лис. 1	фиг. 75, 76, 77
27	1	(фиг. 54) эклиптика а,	(фиг. 69) эклиптика,
—	23	въ частяхъ H и K	въ части HиK
—	24	R H	H
28	5	399	398
—	9	(фиг. 55)	(фиг. 53)
29	9	56, 000, 000	36, 000, 000
—	20	43 сек. 8;	43, 9 сек.;
30	14	115 д. 877 и 588,920	115,877дн, и 583,920дн.
—	24	M	S
34	13	пропущено: (фиг. 55)	
39	22	пропущено: (фиг. 57)	
—	27	SEmx	SEMx
—	28	exe, Xey	exE, xey
40	5	msx и mxs	mSx и mxS
34	7	(3652564): ²(6869796): ²:	$(3652564)^2:(6869796)^2::$
—	8	$(100,000)^3$ $(152369)^2$	$(100000)^3:(152369)^2$
56	15	первый уголъ	первая дуга
58	9	и S_p	и Pp
59	1	P	p

Страи.		Строч.			
59	—	2	—	SP	Sp
—	—	6	—	SPE	SpE
—	—	8	—	VSP	VSp
60	—	13	—	Ольбергъ	Ольберсъ
63	—	11	—	60″	61″
64	—	4 и 26	—	лис. 1 фиг. 1	(фиг. 75)
—	—	22	—	одинъ изъ нихъ изображенъ	одно изъ нихъ изображено
65	—	10	—	— 4′ и 18″ секундъ	4 и 18 секундъ
—	—	29	—	листъ 1 фиг. 2	(фиг. 76)
66	—	11	—	9 ч. 35 м. 50 с.	9 ч. 55 м. 50 с.
67	—	10	—	лис. 1 фиг. 2	(фиг 76)
68	—	9	—	(фиг. 3 листъ 1)	(фиг. 77)
—	—	23	—	10 ч. 20 м. 17 с.	10 ч. 29 м. 17 с.
77	—	26	—	8°, 6	8″, 6
83	—	11	—	(фиг.)	(фиг. 60)
—	—	23	—	562)	462)
85	—	3	—	dF	bF
88	—	15	—	обѣихъ орбитъ: а разность большаго разстоянія	полуосей обѣихъ орбитъ а разность этихъ разстояній
96	—	7 и 8	—	На фигурѣ 2-й, листъ II,	На фигурѣ 79
105	—	21	—	въ 1774, 1815	въ 1769, 1795
106	—	5	—	1709	1769
116	—	24	—	пропущено: (фиг. 62)	
118	—	15	—	по дугу Pg	по дугу Pq
—	—	19	—	пропущено: (фиг. 62)	
125	—	12	—	SPR и RS	SPR и RSr
126	—	22	—	Pxa	Px A
—	—	30	—	HA	SA
127	—	4	—	въ H	въ S
—	—	16	—	пропущено: (фиг. 65)	
—	—	22	—	Tu	T и
128	—	8	—	отъ t къ c	отъ T къ c
—	—	11	—	Nv	NV
133	—	5	—	(фиг. ст. 512),	(фиг. ст. 511),

Стран.		Строк.			
134	—	13	—	въ статьѣ 511	въ статьѣ 510
139	—	27	—	(Encyd. metrop ст. 523)	(Encyc. metrop. ст 323)
158	—	6	—	8°, 9	8°, 6
160	—	6	—	пропущено: (фиг. 68)	
183	—	19	—	фигуры 1 и 2	фигуры 71 и 72
199	—	31	—	извѣстною	не извѣстною
200	—	10	—	19, 200, 000, 000	19, 200, 000, 000, 000
—	—	26	—	звѣздной	звѣздой
205	—	24	—	334 21, 0	334
—	—	25	—	396 —	396 21, 0
217	—	13	—	♂ Вѣнца	♂ Вѣнца
—	—	16	—	8, 857	3, 857
224	—	31	—	(смотр. стр. 280)	(смотр. стат 280)
226	—	28	—	одну, другую	другую
230	—	4	—	17. 29	17 час. 29 мин.
—	—	5	—	78. 84	78. 34
235	—	30	—	тогоже	(тогоже
237	—	5	—	V	,

Фиг. 51.

Фиг. 52.

Фиг. 64.

Фиг. 68.

Фиг. 60.

Фиг. 69.

Фиг. 53.

Фиг. 54.

Фиг. 61.

Фиг. 65.

Фиг. 70.

Фиг. 56.

Фиг. 62.

Фиг. 66.

Фиг. 71.

Фиг. 72.

Фиг. 55.

Фиг. 73.

Фиг. 57.

Фиг. 63.

Фиг. 67.

Фиг. 74.

Фиг. 58.

Фиг. 59.

Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 80.

Черт. 8.

Фиг. 81.

Фиг. 82.

Фиг. 83.

Черт. 6.

Фиг. 75.

Фиг. 76.

Фиг. 77.